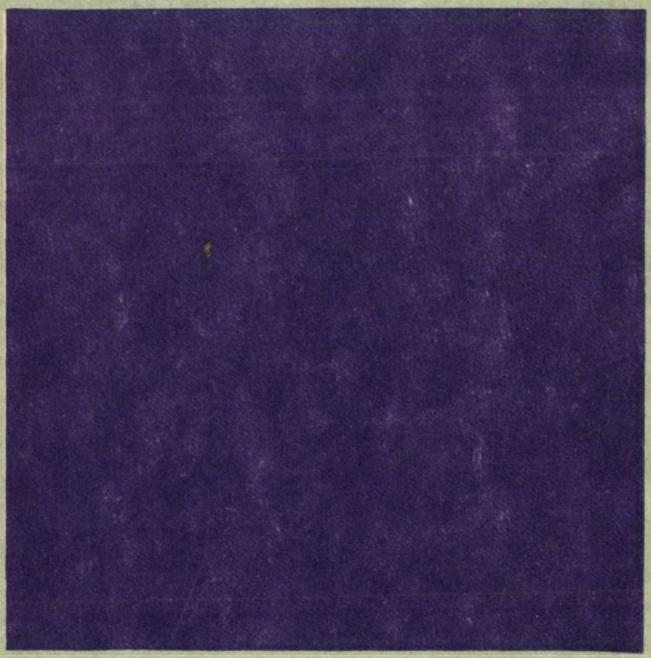
V7.087/.088
H68

EB

ENCICLOPEDIA DE BUZUNAR

EUGENIU NICULESCU-MIZIL

IMPLICAŢII TEHNICE, TEHNOLOGICE ŞI SOCIALE ALE BIOINGINERIEI



EDITURA ŞTIINŢIFICĂ ŞI ENCICLOPEDICĂ

Implicații tehnice, tehnologice și sociale ale bioingineriei

Control științific: dr. Al. IONESCU

V7.087/.088
H68

E.B.

ENCICLOPEDIA DE BUZUNAR

Prof. dr. Eugeniu Niculescu-Mizil

Implicaţii tehnice, tehnologice şi sociale ale bioingineriei

62
*1617

Editura ştiinţifică şi enciclopedică
Bucureşti, 1982

Coperta: GHEORGHE MOTORA

PREFAȚĂ

În cadrul revoluției tehnico-științifice contemporane aspectele privind biologia și aplicațiile ei prezintă un interes și o importanță deosebite. Aceasta se datorește numeroaselor descoperiri de valoare științifică și practică făcute în domeniul biologiei în cursul ultimelor două-trei decenii. Succesele înregistrate pînă acum duc la prognoza unei dezvoltări și mai puternice, și mai revoluționare a biologiei în deceniile ce vor urma. Se înțelege că în aceste împrejurări, documentele de Partid acordă cercetărilor biologice atenția cuvenită. Așa de exemplu, în Programul-directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000, adoptat de Congresul al XII-lea al P.C.R. se arată că „Cercetarea biologică — ramură cu un rol tot mai important în știința contemporană — va fi orientată spre aprofundarea cunoștințelor mecanismelor biologice fundamentale și dezvoltarea pe această bază, a aplicațiilor în agricultură, industrie, medicină, în protecția mediului înconjurător. Se vor dezvolta cercetările din domeniul biologiei celulare și moleculare, biochimiei, biofizicii, bioingineriei, geneticii, ecologiei". Iar Programul P.C.R. de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintare a României spre comunism precizează că: „... cercetarea va fi orientată spre producerea de noi soiuri de plante de înaltă productivitate, cu calități nutritive superioare, precum și spre ameliorarea raselor de animale în vederea obținerii unor animale cu productivitate superioară. Științele biologice trebuie să răspundă prompt acestor cerințe, corespunzător celor mai înalte cuceriri pe plan mondial.

Cercetarea biologică trebuie să se orienteze nu numai spre cunoaşterea secretelor vieţii, ale naturii, ci şi spre folosirea rezultatelor cunoaşterii în vederea transformării naturii în folosul omului".

Or, aprofundarea cunoştinţelor mecanismelor biologice fundamentale, necesară aplicaţiilor biologiei în practică e de neconceput fără cunoaşterea aprofundată a naturii materiei vii. Înseamnă că documentele de Partid se referă implicit şi la această din urmă problemă. Iar cercetările biologice aplicative implică legături strînse ale biologiei cu cele mai diferite procedee, metode şi tehnici ca cele ale biotehnologiei industriale, ingineriei genetice, tehnologiilor medicale etc. Înseamnă că numai prin îmbinarea organică cu cele mai diferite domenii ale tehnicilor moderne, biologia va putea răspunde cu succes sarcinilor mari ale dezvoltării social-economice, ce stau în faţa ei.

Pînă acum legăturile biologiei cu diferitele domenii ale tehnicii erau prezentate, în general, fragmentat, fiecare domeniu separat de celelalte. Profesorul Niculescu-Mizil Eugeniu, în cartea sa „Implicaţii tehnice, tehnologice şi sociale ale bioingineriei" încearcă, şi după părerea mea reuşeşte, , să facă o prezentare sintetică, unitară, reunind totul într-un singur cadru complex. În lucrarea sa, bioingineria e concepută nu ca un domeniu izolat care vizează fie ingineria genetică, fie biotehnologiile industriale, fie domeniul ingineriei aparatelor medicale (terapeutice sau înlocuitoare de organ), privite independent unul de altul, ci ca o ştiinţă complexă, generoasă, avînd o arie largă de cuprindere care se referă la biologie în sine, dar şi la forme prebiotice ale materiei, la biotehnologii, dar şi la ingineria genetică, la bionică, dar şi la biomateriale, la biofarmacologie, dar şi la inteligenţa artificială etc., precum şi la interferenţele dintre toate acestea. Astfel concepţia autorului cu privire la bioinginerie este integratoare, aşa cum, dealtfel, integratoare ne apare — după parcurgerea lucrării de faţă — şi *bioingineria* însăşi, considerată atît ca o nouă ştiinţă, cît şi ca un complex de tehnici şi de practici ce se inspiră din *viaţă* şi care slujeşte *viaţa*.

Cartea ne oferă o serie de aprecieri şi exemple privind cercetările de bioinginerie atît în România, cît şi în străinătate şi trece în revistă, obiectiv şi „la zi", noutăţile apărute în toate domeniile pe care autorul le consideră că aparţin bioingineriei.

Două idei principale străbat cartea ca două fire călăuzitoare. Prima: noile cuceriri ale ştiinţei cu consecinţe de progres în practica social-umană, izvoresc din dorinţa firească a omului de a păşi mereu înainte spre un viitor tot mai bun, tot mai luminos. A doua: conform concepţiei revoluţionare, materialist-dialectice şi istorice niciodată nu trebuie crezut că despre un anumit fenomen al naturii sau despre un domeniu oarecare s-a spus ultimul cuvînt. Natura este infinită, după cum infinite sînt şi posibilităţile cunoaşterii acestei naturi, iar cunoaşterea umană trebuie mereu îmbogăţită! Este ceea ce se desprinde din lucrarea profesorului E. Niculescu-Mizil.

Lucrarea „Implicaţii tehnice, tehnologice şi sociale ale bioingineriei" se adresează unui cerc larg de cititori, nu numai specialişti în domeniul biologiei, biotehnologiei, geneticii, medicinii şi tehnologiei biomedicale etc., dar şi persoanelor doritoare să fie la curent cu noutăţile în ştiinţă, tehnică şi tehnologie.

Academician EUGEN MACOVSCHI

I. DESPRE O NOUĂ ŞTIINŢĂ, BIOINGINERIA

Sub imperiul revoluţiei ştiinţifice contemporane, în lume a apărut şi se dezvoltă astăzi, o nouă ştiinţă, BIOINGINERIA, asupra căreia ne propunem să stăruim în lucrarea de faţă.

Bioingineria s-a născut pe o anumită treaptă a dezvoltării social-umane, care a impus apariţia ei în scopul protejării omului, a uşurării vieţii şi muncii lui şi în momentul în care nivelul de dezvoltare al ştiinţei, tehnicilor şi tehnologiei a permis aceasta. Bioingineria este o ştiinţă interdisciplinară şi multidisciplinară, precum şi un complex de tehnici foarte dezvoltate şi, contrar părerii multora — potrivit cărora ea se limitează strict la producerea, pe cale chimică sau biochimică a unor organisme simple (monocelulare) — bioingineria cuprinde arii naturale, umane, tehnice şi sociale extrem de largi.

1.1. O NOUĂ ETAPĂ A REVOLUŢIEI ŞTIINŢIFICE ŞI TEHNICE, ETAPA ŞTIINŢIFIZĂRII INTENSIVE

Omenirea parcurge de mai multe decenii, aşa cum este cunoscut, o amplă revoluţie care influenţează puternic destinele şi dezvoltarea întregii lumi, a tuturor ţărilor, indiferent de tipul orînduirii lor, *revoluţia ştiinţifică şi tehnică contemporană.*

Se recunoaşte aproape unanim că această revoluţie a început să se manifeste în timpul celui de-al doilea război mondial cînd, din necesităţi impuse în primul rînd de comandamente strategico-militare, principalele ţări beligerante „au

forțat" obținerea unor noi cuceriri în știință și tehnică care au declanșat apoi, ca pe o reacție în lanț, noi și noi cuceriri științifice, tehnice și tehnologice. Evident, după încheierea celui de-al doilea război mondial, primatul cuceririlor respective a izvorît din nevoile păcii, ale refacerii rănilor provocate de război, ale necesităților accelerării dezvoltării social-economice.

Putem considera că începutul acestei revoluții tehnico-științifice a fost marcat de utilizarea atomului (mai întîi în scopuri de război și apoi pașnice), de apariția și dezvoltarea electronicii, a calculatoarelor electronice și de apariția cibernetici.

O caracteristică importantă a științei contemporane este aceea că ea este din ce în ce mai strîns legată de practică, de aplicabilitate, de progresul tehnic, tehnologic, economic și social pe care îl determină și de care este ea însăși puternic influențată. Oamenii de știință de pretutindeni devin din ce în ce mai mult militanți activi pe pozițiile progresului și umanismului, luptători consecvenți pentru rezolvarea marilor probleme ale societății contemporane, iar adevărurile universale ale filosofiei materialist dialectice sînt mereu reconfirmate de noile descoperiri, sînt puse permanent în noi lumini creatoare. În lucrarea „Teze despre Feuerbach", Karl Marx scria: „Filozofii nu au făcut decît să interpreteze lumea în diferite moduri; important este însă de a o schimba" [1]. Pornind de la cele afirmate de Karl Marx am putea spune că științele contemporane, în primul rînd biologia, sînt chemate nu numai să studieze natura vie, ci să o transforme, în conformitate cu necesitățile progresului social, ale perfecționării permanente a calității vieții.

Ceea ce caracterizează în prezent revoluția științifico-tehnică este *științifizarea intensivă*. Acest termen ar putea fi caracterizat prin aceea că, pe de o parte el exprimă apariția masivă a unor noi științe și discipline științifice, iar pe de altă parte că viața, dezvoltarea sînt greu de conceput astăzi fără aplicarea, în fiecare domeniu social-uman, mare sau mic, important sau mai puțin important, a cuceririlor științelor, atît a celor clasice, cît și a celor noi, moderne. Dealtfel, feedback-ul unei asemenea situații este acela că apariția disciplinelor științifice, a tehnicilor și tehnologiilor stimulează dezvoltarea economico-socială, iar aceasta, la rîndul ei creează noi stimuli și comandamente în apariția a noi discipline

științifice, tehnici și tehnologii. O atare situație poate fi prezentată într-o schemă cibernetică ca cea din fig. 1.

Iată de ce, după părerea noastră, revoluția științifică și tehnică contemporană promite să se permanentizeze și să în-

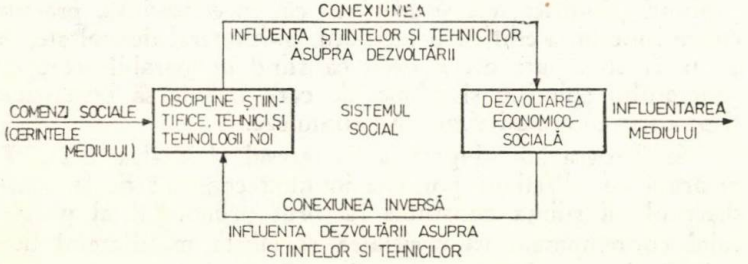


Fig. 1. — Schema conexiunii și conexiunii inverse dintre știință și tehnică și dezvoltarea economico-socială

soțească mereu omenirea în evoluția sa. În această ordine de idei prof. dr. doc. Valter Roman spune: „De cîteva decenii sîntem martorii și făuritorii atît ai unor revoluții sociale, cît și ai desfășurării vijelioase a revoluției în știință și tehnică, a cărei bază a fost pusă în special de teoria relativității, de mecanica cuantică, de cibernetică etc. și care au dus și duc, în special pe plan industrial, la marea producție automatizată și cibernetizată. Dar nici acest proces revoluționar nu și-a epuizat valențele și potențele, revoluția științifică și tehnică constituind doar baza unei noi, a celei de-a doua revoluții industriale, la fel cum revoluția tehnică din secolul al XVIII-lea a constituit baza primei revoluții industriale. Această idee reflectă, în fond, concepția marxistă despre legitățile dezvoltării în sfera forțelor materiale de producție.

O componentă esențială a acestui proces revoluționar o constituie revoluția microelectronică (generatoare a inteligenței artificiale), ceea ce a dus la apariția microprocesoarelor, a unor noi componente electronice tot mai evoluate, a diferitelor dispozitive microelectronice, care vor realiza și, în fond, vor înlocui treptat și o serie de funcții ale creierului uman, aceasta determinînd un nou salt în dezvoltarea economiei, vieții sociale, politice și culturale".*

* *Procese revoluționare în știință și tehnică și strategia dezvoltării României socialiste*, 1979.

Ştiinţifizarea intensivă trebuie să fie proprie atît statelor avansate, cît şi celorlalte ţări care aspiră la dezvoltare socială şi economică. Istoria actuală a dezvoltării ţării noastre sub conducerea Partidului Comunist Român, demonstrează strălucit şi cu consecvenţă, atît faptul că doctrina comunismului este profund ştiinţifică, cît şi adevărul că, în consecinţă, practica comunismului, a edificării societăţii multilateral dezvoltate, nu poate fi concepută altfel decît ca fiind inseparabil tributară progresului ştiinţific şi tehnic, de care trebuie să beneficieze şi pe care, în acelaşi timp, să-l stimuleze.

În Programul adoptat la Congresul al XI-lea al P.C.R. se arată că „Partidul porneşte în mod constant de la considerentul că ştiinţa constituie factorul primordial al progresului contemporan, că societatea socialistă multilateral dezvoltată şi comunismul nu pot fi edificate decît pe baza celor mai înalte cuceriri ale ştiinţei şi tehnicii" [2], iar cele patru documente programatice adoptate la Congresul al XII-lea al partidului*, împreună cu Directivele cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cincinalul 1981—1985 şi orientările de perspectivă pînă în 1990, demonstrează că întreaga activitate desfăşurată în ţara noastră se bazează pe ştiinţă, că întreaga activitate economico-socială din România are la baza sa cele mai noi cuceriri ale ştiinţei şi tehnicii, că întreaga concepţie — coordonare a dezvoltării este bazată pe ştiinţă, implicit pe ştiinţa conducerii, elaborată la noi pe parcursul ultimilor 15—20 de ani, de cînd putem considera că s-a conturat, în cadrul revoluţiei ştiinţifico-tehnice contemporane, această nouă etapă a ştiinţifizării intensive. Nu trebuie să uităm că perioada 1971—1975 a fost denumită la noi cincinalul eficienţei economice, perioada 1976—1980 cincinalul afirmării depline a cuceririlor revoluţiei tehnico-ştiinţifice, iar perioada 1981—1990 deceniul ştiinţei, tehnicii, calităţii şi eficienţei.

* Programul-directivă de cercetare ştiinţifică, dezvoltare tehnologică şi de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 şi direcţiile principale pînă în anul 2000; Programul-directivă de cercetare şi dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 şi orientările principale pînă în anul 2000; Programul-directivă de dezvoltare economico-socială a României în profil teritorial în perioada 1981—1985; Programul-directivă de creştere a nivelului de trai în perioada 1981—1985 şi de ridicare continuă a calităţii vieţii.

1.2. IMPLICAŢII ÎN PRACTICĂ ŞI ÎN ŞTIINŢĂ

În lume, această etapă a ştiinţifizării intensive se manifestă printr-un proces neîntrerupt de descoperiri ştiinţifice, de apariţia unor ştiinţe şi discipline ştiinţifice noi, elaborarea de noi tehnici şi tehnologii de înalt nivel şi de mare eficienţă.

Procesul respectiv este favorizat şi de baza materialist-dialectică care caracterizează ştiinţele în general şi în spiritul căreia, în consecinţă, voit sau nevoit acţionează majoritatea savanţilor omenirii. În această ordine de idei acad. Eugen Macovschi spunea că: „Este o cerinţă firească aceea de a dori să faci mereu un pas înainte, iar concepţia revoluţionară, materialist-dialectică şi istorică ne învaţă că niciodată nu trebuie considerat că despre un fenomen al naturii sau despre un domeniu s-a spus ultimul cuvînt. Mişcarea dialectică a cunoaşterii nu ne permite o astfel de închistare în gîndire, deoarece omenirea cunoaşte în fiecare epocă descoperiri noi, revoluţionare. În acest sens, secolul XX şi, în special, ultimele 2—3 decenii sînt edificatoare, prin revoluţionarea fizicii şi biologiei, a chimiei şi tehnicilor de vîrf, care au avut ca efect, printre altele, cibernetizarea producţiei, crearea industriilor nucleare şi pătrunderea omului în spaţiul cosmic".*

Acad. Mihai Drăgănescu aprecia că esenţa revoluţiei tehnico-ştiinţifice contemporane este determinată de automatizare.**

La Paris, în cadrul UNESCO, a avut loc (1969) un congres pe tema „Automatismul şi umanismul", unde s-a încercat să se cerceteze problemele iscate de pe urma imensei revoluţii ştiinţifice din punctul de vedere al omului, să se cerceteze consecinţele intrării ordinatoarelor în viaţa economică şi să se stabilească limitele înrîuririi lor asupra civilizaţiei noastre. Congresul şi-a propus să distrugă anumite mituri privind maşinile malefice, mituri de groază, şi să convingă oamenii că, în pofida imenselor lor posibilităţi, maşinile, chiar automate, rămîn şi vor rămîne maşini.

Cu acest prilej, Bernard Lafay a ţinut să arate că ordinatoarele şi automatizarea industrială nu vor poseda niciodată acea forţă extraordinară în măsură să aducă prejudi-

* *O gîndire revoluţionară în creaţia originală*, 1979.

** *Afirmarea plenară a revoluţiei tehnico-ştiinţifice, factor definitoriu al progresului României Socialiste*, 1980.

cii iremediabile valorilor spirituale ale civilizației. Ceea ce distinge, spunea Bernard Lafay, omul de mașină este faptul că omul are această inepuizabilă facultate de a pune întrebări. Ordinatorul va răspunde, dar niciodată nu va pune întrebări universului, nu va putea niciodată crea acea interogare permanentă care caracterizează geniul speței umane și care îi conferă forța sa creatoare în toate domeniile.

În schimb, mașina îl eliberează pe om de marile și grelele lui servituți care îl înlănțuie și barează posibilitățile inteligenței omenești.

Eliberat de eforturile fizice care îl fac încă sclav, omul își va putea concentra întreaga sa capacitate creatoare pentru a stăpîni forțele oarbe și deseori nimicitoare ale naturii.

Într-un articol publicat în IMPACT nr. 4, 1969, Edmund S. Muskie scria sub titlul *Face à la révolution technologique*, că omul a învățat și a inventat mai multe lucruri în cursul ultimelor cinci generații, decît în cursul tuturor mileniilor care s-au scurs de la apariția lui pe pămînt. După ce enumeră marile avantaje de care va beneficia omenirea, senatorul american arăta că orice medalie are reversul ei, progresul tehnologic antrenînd, nu numai poluarea aerului și apelor, dar va face viața insuportabilă în zonele urbane în care 90% din populația globului va trăi după anul 2000.

În aceeași revistă, Geronima Pecson din Filipine, într-un articol intitulat „Bienfaits et méfaits de la science et de la technologie", recunoscînd avantajele noii tehnologii care au constituit pentru omenire o mare binefacere, arată că în trecut lipsa de igienă, de civilizație, lepra, tuberculoza măturau generații întregi. Grație noii științe toate acestea au dispărut. Munca a devenit mai ușoară. Soarta omului s-a ameliorat dincolo de visurile sale cele mai îndrăznețe. În 30 de ani s-au realizat imense transformări. Iar cea mai mare binefacere a progresului științei este că a făcut popoarele mai interdependente.

Încă de la începuturile ei, revoluția științifică și tehnică contemporană a fost caracterizată de fenomenul intercondiționării între științe. După cum se știe, la apariția științei cibernetice*, spre exemplu, au contribuit cercetări interdisciplii-

* Odată cu publicarea cărții lui Norbert Wiener: *CYBERNETICS or Control and Comunication in the Animal and the Machine*, Hermann, Paris, 1948.

nare în domeniile biologiei, medicinii, electronicii, telecomunicaţiilor şi matematicii.

În legătură cu aceasta, referindu-se la contribuţia unor ştiinţe la elaborarea ciberneticii, N. Wiener arăta că ajungînd la punctul studierii sistemului nervos şi al creierului, în faţa sa şi a colaboratorilor săi a apărut un alt element, şi anume, influenţa logicii matematice. Pornind de la cele două idei de bază ale lui Leibniz, strîns legate între ele, ideea simbolismului universal şi a calculului logic, din care au apărut notaţia matematică şi logica simbolică modernă, s-a ajuns la concluzia că aşa după cum calculul aritmetic s-a pretat singur la mecanizare — de la abac şi aritmometru, pînă la calculatoare ultrarapide — tot astfel „Calculul ratiocinator" al lui Leibniz conţine germenele maşinii gînditoare („machina ratiocinatrix"). În acest fel, dezvoltarea logicii matematice a condus totodată şi la mecanizarea, în idee sau în practică, a proceselor gîndirii. Ştiinţa matematică este deci una dintre ştiinţele care, prin principiile, teoriile, metodele şi tehnicile sale a contribuit la apariţia ştiinţei cibernetice şi, în primul rînd, a făcut posibilă realizarea şi funcţionarea maşinilor de calculat, de la cele mai simple pînă la calculatorul electronic de azi. La rîndul ei însă, cibernetica contribuie, printr-o adevărată reţea de feedbeck-uri, la dezvoltarea ştiinţelor matematice (determinînd apariţia şi maturizarea unor teorii şi capitole noi în matematică), a biologiei, electronicii şi automaticii, a medicinii, determinînd şi apariţia unor noi discipline (informatica, bioingineria, neurocibernetica, biocibernetica etc.), precum şi la adîncirea intercondiţionării între acestea, în particular, şi între majoritatea ştiinţelor, în general.

Dar o asemenea intercondiţionare între ştiinţe ca acea pe care o cunoaşte actuala perioadă a revoluţiei ştiinţifice şi tehnice, de ştiinţifizare intensivă, nu a mai fost cunoscută pînă în prezent. Dealtfel, aceasta a şi permis pătrunderea omului în cosmos, cu toate consecinţele ce decurg de aici, precum şi alte descoperiri fabuloase din rîndul cărora vom furniza următorul exemplu.

Un grup de cercetători de la Universitatea statului american New Mexico au detectat, pentru prima dată, particule de antimaterie în spaţiul cosmic. Utilizînd un balon sferic înalt cît 60 de etaje, ridicat la altitudinea de 36 000 m, experţii au fost în măsură să descopere 29 asemenea particule, izolate cu ajutorul unui magnet superconductor de 136 kg.

Experienţa a avut loc la 21 iulie, 1979; pînă atunci cercetătorii nu reuşiseră să descopere existenţa antimateriei în afara laboratorului.

În zilele noastre, mai mult ca oricînd, dezvoltarea tehnică şi tehnologică se bazează pe progresul ştiinţei pe care, în acelaşi timp, îl şi generează. Aceasta este încă o trăsătură caracteristică a etapei de ştiinţifizare intensivă pe care o parcurgem în cadrul revoluţiei ştiinţifice şi tehnice contemporane.

1.3. BIOINGINERIA ŞI CELELALTE ŞTIINŢE. DEFINIŢII

Una dintre noile discipline ştiinţifice născută din condiţiile fertile generate de revoluţia ştiinţifică-tehnică contemporană poate fi considerată *bioingineria.* Vom încerca în cele ce urmează să acreditäm ideea existenţei unei asemenea discipline ştiinţifice largi, multidisciplinare, avîndu-se în vedere şi necesitatea existenţei unor circumstanţe veridice, necesar a fi identificate şi prezentate în împrejurări în care susţinem şi vrem să convingem despre existenţa unei ştiinţe sau discipline complexe, integratoare; vom argumenta şi demonstra aceasta în cele ce urmează.

Acad. Mihail Florescu arăta: „ultimele cuceriri ale ştiinţelor biologice, precum şi dezvoltarea tehnicilor de măsurare electronică şi de automatizare a unor procese complexe, au făcut să apară o disciplină tehnică nouă — bioingineria" [5].

Într-adevăr se poate considera că bioingineria a apărut şi s-a dezvoltat pe de o parte ca o consecinţă a progresului unor ştiinţe, ca: biologia, fizica (mai ales a capitolelor ei electronica, electricitatea, căldura, optica, mecanica), chimia, matematica, ştiinţele medicale, iar, pe de altă parte, ca urmare a apariţiei unor noi ştiinţe cum sînt cibernetica, bionica etc. Între apariţia bioingineriei ca ştinţă şi ca un complex de tehnici şi dezvoltarea tehnicilor în general, există de asemenea o serie de legături de dependenţă. Insistăm asupra influenţelor pe care tehnicile euristice, tehnica laserilor, a ultrasunetelor, a criogeniei, tehnicile informatice, dezvoltarea tehnicilor medicale, a celor de automatizare etc., le-au avut la naşterea acestei noi ştiinţe, bioingineria.

Între toate aceste ştiinţe, tehnici şi tehnologii de vîrf, pe de o parte şi bioingineria, pe de altă parte, există strînse le-

gături de interdependență, așa cum se va demonstra pe parcursul acestei lucrări. Este evident faptul că aceste împrejurări, care au favorizat și apariția bioingineriei, sînt o consecință a revoluției științifice și tehnice contemporane.

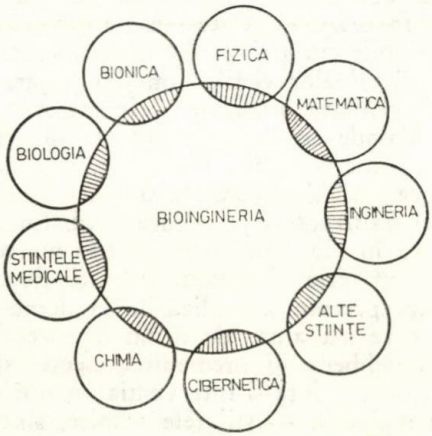


Fig. 2. — Schema legăturilor (influențelor) dintre bioinginerie și alte științe

În fig. 2 biologia și ingineria apar ca științe din care s-a născut bioingineria, alături de celelalte științe care au influențat apariția acesteia.

Acad. Gheorghe Mihoc spunea: „Oamenii de știință sînt chemați să abordeze cu îndrăzneală științele vieții, biologia și frontierele ei cu chimia, matematica, fizica, energetica, să caute soluții noi, eficiente în ingineria genetică, informatică, cibernetică, energetică, să dezvolte cercetarea fundamentală nu ca scop în sine, ci în strînsă legătură cu cercetarea aplicată, să intensifice cercetările inter și pluridisciplinare".*

Bioingineria ar putea fi, în expresie sintetică, definită ca *știința concepției și a construcției vieții.* Propunînd această definiție o și justificăm. În accepțiune științifică universală *bios* care provine din limba greacă înseamnă *viață,* iar *ingineria* înseamnă *activitatea tehnică de concepție***. Prin unirea celor

* Știința românească pe calea afirmării multilaterale, 1980.

** În *Micul dicționar enciclopedic,* Ed. Științifică și Enciclopedică, 1972, la pag. 471 explicîndu-se noțiunea de *inginer* se arată: „persoană calificată... pentru a putea presta activități tehnice de concepție și de conducere".

două expresii se justifică pe deplin, din punct de vedere semantic, definiția formulată. Pentru o teorie îmbinată cu praxiologia, pentru îmbinarea biologiei cu ingineria (asocieri ce sînt încununate cu apariția bioingineriei) pledează, în prezent, atît necesitățile de viață, cît și implicațiile revoluției tehnico-științifice care favorizează aceste fericite simbioze. Acest lucru este dovedit de noile cuceriri din domeniul biologiei, al cunoașterii și stăpînirii tainelor vieții, cum sînt progresele în domeniul biologiei celulare realizate prin cercetările prof. dr. George Emil Palade de la Universitatea din Yale, care au dus, cu ajutorul microscopului electronic, la cunoașterea ribozomilor și a organizării structurale și funcționării celulei, elaborarea *Teoriei biostructurii* prin care acad. Eugen Macovschi a demonstrat că în viu, alături de materia moleculară coexistentă, există și materia biostructurată fără de care viața nu ar putea exista, precum și realizările în domeniul ingineriei genetice prin care s-a ajuns de acum la corectări ce se pot aduce în mod deliberat și premeditat esenței și caracterului unei ființe vii prin voința și intervenția omului de știință. Pe de altă parte ingineria — științele tehnice, sînt și ele într-o continuă dezvoltare „explozivă". În acest domeniu s-a ajuns pînă acolo încît referindu-se la ingineria industrială ea este definită ca fiind ramura de științe tehnice care se ocupă de: „proiectarea, îmbunătățirea și implementarea unor sisteme integrate, alcătuite din oameni, materiale și utilaje. Ea se bazează pe cunoștințe specializate și aptitudini în științele matematice, pozitive și sociale, cît și pe principiile și metodele analizei și proiectării inginerești. Scopul ei este de a specifica, prevedea și evalua rezultatele ce se vor obține de la astfel de sisteme" [6], așa cum arată în lucrarea lui H. B. Maynard, *Manual de inginerie industrială*, James A. Richardson, de la sectorul de inginerie industrială a lui Eastman Kodak Company.

Parafrazînd pe Richardson și lărgind definiția formulată anterior, afirmăm că bioinginieria ar putea fi considerată ca *proiectarea și implementarea unor sisteme integrate alcătuite din părți vii, din combinații chimice și fizice și din aparate, în scopul creării, perfecționării și prelungirii vieții. Ea se bazează pe cunoștințe specializate și aptitudini în științele biologice, tehnice și pozitive, cît și pe principiile și metoda analizei biologice și a analizei și proiectării inginerești.*

Ne permitem a formula o asemenea definiție generalizantă despre bioinginerie, motivat și de faptul că mulți oameni de

știință consideră astăzi ingineria ca pe o știință generoasă, interdisciplinară și multidisciplinară. Astfel, acad. Mihail Florescu, cunoscut specialist în domeniul ingineriei, referindu-se la diversele definiții date astăzi acestei discipline, spunea: „În forma cea mai generală, aceste definiții despre inginerie răspund bazelor fundamentale ale acestei științe noi care în fond are ca obiect raportul dintre om și natură, utilizarea resurselor naturale în folosul societății umane, prin crearea bunurilor materiale necesare unei vieți civilizate. Considerăm însă că dezvoltarea particularităților tehnologice... din zilele noastre face necesară lărgirea obiectului acestei noi științe care a fost denumită *inginerie*. În această ordine de idei apreciez că mai complet ar fi ca ingineria să fie definită ca o știință pluridisciplinară..." [7].

Justificînd caracterul pluridisciplinar al ingineriei ca știință, autorul arăta: „După cum am văzut, ingineria, această știință pluridisciplinară, face apel la științele naturii — fizică, chimie, biologie —, la științele exacte — matematică, cibernetică —, la toate științele tehnice, la toate științele economice, la științele sociale..., am considerat că ingineria este o știință pluridisciplinară, o știință care îmbracă formele cele mai complexe ale dezvoltării... umane. De obicei ingineria, în complexitatea ei actuală, a început să se subdividă..., se vorbește tot mai frecvent și de ingineria biomoleculară, de ingineria genetică care îmbracă altă formă de cercetare și de organizare practică decît ingineria industrială. De aceea, am considerat că este mai normal să numim simplu acest complex (domeniu la care ne referim) prin expresia generică de „inginerie", care să îmbrace toate formele de astăzi ale existenței ei în lume" [7].

După cum se constată, *ingineria* s-a transformat, sub imperiul revoluției științifice și tehnice, al dezvoltării sociale și al progresului speciei umane, dintr-o știință tehnică cu aplicații în industrie, construcții, telecomunicații, transporturi și agricultură, într-o știință generală care a început să se întrepătrundă și să se interfereze cu noi domenii științifice din biologie, biochimie, biofizică etc., ceea ce favorizează concepția despre recunoașterea existenței disciplinei pe care dorim să o prezentăm, *bioingineria*. Asociat cu cele spuse despre inginerie, ca știință interdisciplinară și multidisciplinară, am vrea să subliniem faptul că și biologia în sine are un asemenea caracter „legile descoperite de biologie constituie baza teoretică a diferitelor ramuri ale medicinii, agriculturii, zootehniei etc..., au

apărut și s-au dezvoltat diferite ramuri ale biologiei ... medicina, botanica, zoologia. În cadrul fiecăreia dintre acestea s-au dezvoltat grupe de discipline care studiază morfologia (anatomia, embriologia, citologia etc.) sau fiziologia (fiziologia plantelor sau animalelor, biochimia, biofizica etc.) organismelor ..." sau există discipline ca „ ... citomorfologia, citofiziologia, citochimia. Din științele biologice s-au delimitat biogeografia, genetica, microbiologia, hidrobiologia, ecologia, biologia agricolă etc."*

Acest fapt face ca îngemănarea dintre teoriile și practicile a două mari științe care au caractere de interdisciplinaritate și multidisciplinaritate, într-adevăr să poată genera cu mai multă ușurință o disciplină nouă, aceea la care ne referim.

Dealtfel, în țara noastră *bioingineria* este recunoscută — cel puțin ca domeniu de activitate distinct. Astfel, referindu-se la direcțiile în care se va dezvolta cercetarea biologică, Programul-directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000, adoptat de Congresul al XII-lea al P.C.R. arată că „Se vor dezvolta cercetările în domeniul biologiei celulare și moleculare, biochimiei, biofizicii, *bioingineriei***, geneticii, ecologiei" [3].

Sub aspectul celor arătate mai sus și în contextul definițiilor generale formulate am putea defini, mai întîi, bioingineria ca fiind, într-un sens strict limitat, o știință a creării vieții, legată de problemele de naștere a organismelor vii, de genetică; o disciplină legată strict de ingineria genetică, de ingineria vieții, de biocelularism.

Am mai putea considera bioingineria ca pe o știință și o practică complexă a proiectării, construirii și operării cu calculator și programe în domeniile cele mai diverse ale biologiei și medicinii. Aici ar trebui considerat și aportul matematicii și fizicii.

Într-un sens mai larg putem însă să înțelegem bioingineria ca pe o știință hibridă, rezultată din necesități generate de revoluția tehnico-științifică și de dinamica dezvoltării sociale și științifice, din interferarea disciplinelor biologico-medicale și a celor tehnico-inginerești.

Putem înțelege de asemenea bioingineria numai ca o nouă specialitate, rezultată prin îngemănare, cu rostul de a crea o

* Dicționar enciclopedic român, București, Editura politică, 1972, vol. I, p. 360.

** Sublinierea ne aparține.

diversă aparatură care să reproducă funcțional — și în scopuri social productive — minunatele mecanisme întîlnite la vietăți, în acest caz ea înrudindu-se cu bionica aproape pînă la contopire.

În sfîrșit, unii înțeleg prin bioinginerie numai producerea pe cale industrială a unor microorganisme în scopuri economico-productive, ceea ce, după părerea noastră, înseamnă considerarea simplistă a unui domeniu științific și tehnic atît de vast și de complex cum este cel la care ne referim.

Formulăm asemenea idei și cu intenția ca ele să declanșeze aprecieri critice care să contribuie la elucidări legate de titlul, conținutul și scopul prezentei lucrări.

În orice caz, științele și tehnicile inginerești au suficiente temeiuri astăzi ca beneficiind de noi și noi cuceriri ale revoluției tehnico-științifice, să creeze, în slujba omului, noi și noi aparate, tehnici și tehnologii bioinginerești, facilitînd astfel printr-un aport substanțial îndeplinirea sarcinii cuprinse în Programul partidului, conform căreia „Se va promova mai ferm cercetarea în domeniul științelor biologice, punîndu-se accentul principal pe studierea multilaterală a organismului uman, a fenomenelor generate de raportul omului cu natura înconjurătoare, de condițiile vieții moderne“ [2].

II. BIOINGINERIA, ŞTIINŢA CREĂRII ŞI MODIFICĂRII FORMELOR DE VIAŢĂ

În acest capitol vom încerca să demonstrăm, utilizînd mai puţin teoria, dar mai mult seria exemplelor practice, că nivelul atins în ştiinţă şi tehnică permite omului din ce în ce mai mult să înţeleagă esenţa şi mecanismele vieţii, să intervină în procesele vieţii, să le influenţeze şi chiar să creeze diferite forme de viaţă.

2.1. DISCIPLINĂ A CONCEPERII NOILOR FORME DE VIAŢĂ, A CREĂRII ARTIFICIALE A ELEMENTELOR VIEŢII

Aşa cum am văzut simbioza fericită dintre *biologie* sau studiul vieţii ca ştiinţă a viului, ca formă specială de mişcare a materiei, care istoriceşte a apărut din materia nevie

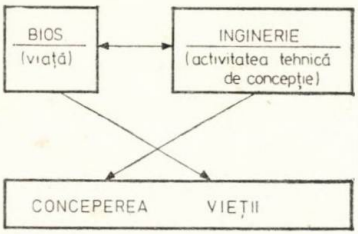


Fig. 3. Schema etimologică a expresiei „bioinginerie" (care cuprinde şi „conceperea" sistemelor ce-şi integrează părţi vii, combinaţii fizico-chimice şi aparate, în scopul perfecţionării şi prelungirii vieţii)

anorganică şi *inginerie* (activitatea tehnică de concepere şi conducere) stă la baza apariţiei şi dezvoltării unei discipline ştiinţifice noi, *bioingineria*, a cărei etimologie o prezentăm schematic în fig. 3.

Bioingineria poate fi considerată pe drept cuvînt şi ca disciplină a conceperii a noi forme de viaţă. Într-adevăr datorită progresului ştiinţei, în afara căii obişnuite, cunoscute, de concepere a vieţii, adică cea naturală, în care viaţa apare în cadrul naturii, creată exclusiv de către natură prin mijloace naturale, mai există încă cel puţin două căi de concepere a vieţii, în care omul apare ca mijlocitor între apariţia diverselor forme de viaţă şi natură. Bioingineria se ocupă tocmai de studiul şi tehnicile acestor două căi. Una dintre ele este aceea conform căreia omul obţine diferite forme de viaţă sau de „creştere" utilizînd căile naturale, iar cealaltă permite omului să creeze forme de viaţă pe cale artificială.

2.1.1. VIAŢA SAU „CREŞTEREA" REALIZATE DE OM PRIN „TEHNICI NATURALE"

Prima cale, prin care omul creează diferitele forme de viaţă sau de „creştere", se realizează prin folosirea de „tehnici naturale" dirijate. Pentru a ilustra această cale vom furniza cîteva exemple.

Experimentări bazate pe modelare au dus la descoperiri care deschid geneticii perspective extraordinare. La începutul deceniului al 8-lea s-au realizat „in vitro" molecule de DNA pornind de la DNA-ul viral. Fiind crescute în mediul creat de om ele au reprodus complet particulele de virusi care au şi produs bolile virotice respective. Putem, deci, spera că modelarea corespunzătoare a DNA-ului sintetic va favoriza înlocuirea unor părţi ale DNA-ului natural al omului, obţinîndu-se astfel şi corecţiile dorite, ca vindecarea bolilor ereditare, perfecţionarea unor caracteristici specifice etc.

Una dintre realizările cele mai spectaculoase ale medicinii şi geneticii, imposibil de realizat în lipsa tehnicilor bioinginereşti, este *conceperea fiinţelor vii „in vitro"*.

În iunie 1978 a fost anunţată o premieră biologică. Un embrion de şoarece congelat timp de 5 ani a fost readus la viaţă de dr. David Whittingham, de la University College din Londra. Embrioni de şoarece în vîrstă de trei zile au fost congelaţi în azot lichid în anul 1973. Unul dintre ei, „reînviat" în 1978, a fost reimplantat în uterul unei femele şoarece, fapt care a dus la naşterea la termen a unui pui de şoarece perfect normal.

La spitalul din Oldham, Marea Britanie, s-a anunţat (1978) naşterea, pentru prima dată în lume, a unui făt care

s-a dezvoltat, un anumit timp „in vitro". Noua născută, o fetiță, Louise, în greutate de 2,7 kg a fost adusă pe lume prin operație cezariană. Tînăra care s-a supus acestui experiment, Leslye Brown, era condamnată la sterilitate, datorită unei malformații. Timp de cîteva zile, în prima fază, ovulul fecundat a fost conservat în eprubetă, fiind apoi reimplantat în uterul viitoarei mame. Această realizare, unică în analele medicinii (comparată prin importanța ei cu primul transplant cardiac), este rezultatul a 12 ani de cercetări și experimente întreprinse de doi medici britanici: Patrick Steptoe și Robert Edwards. Ei au făcut peste 100 de experiențe de fertilizare a ovulului în afara organismului matern. Problema principală pe care cei doi cercetători au avut-o de rezolvat a fost crearea condițiilor pentru a se înlătura fenomenul respingerii; numai pentru acest lucru au fost necesari 5 ani de cercetări intense.

Experimentul reușit al celor doi medici britanici face să se nască speranța că sute de mii de femei condamnate la sterilitate datorită unor malformații asemănătoare vor putea deveni mame.

În vara anului 1980, cînd Louise Brown a împlinit doi ani s-a anunțat că se dezvoltă normal și că împreună cu părinții săi a fost invitată de un post de televiziune din Japonia, pentru a fi prezentată pe această cale și niponilor. Cu acest prilej a avut loc și un colocviu public cu participarea unor oameni de știință care și-au exprimat punctele de vedere în legătură cu acest inedit eveniment din istoria umanității. Sînt urmărite aspectele de ordin științific care interesează pe specialiști. Louise Brown este supusă în mod regulat unor controale care urmăresc în final dezvoltarea sa pe toate planurile. Concluziile sînt în mod evident favorabile, fiindcă toate converg în sensul că ea are toate însușirile firești ale vîrstei respective și că se dezvoltă absolut normal.

În iunie 1980, se anunța o reușită similară: într-un spital din Melbourne, s-a născut încă o fetiță în greutate de 3,850 kg; acesta era primul caz din Australia și al patrulea în lume (după Louise Brown au mai fost concepuți în astfel de condiții o fetiță născută în India și un băiețel în Scoția).

La Centrul Medical Victoria din Melbourne (Australia) s-au născut (6 iunie 1981) doi gemeni, ca urmare a prelevării de la o femeie — multă vreme considerată sterilă — a două ovule, fecundării lor artificiale în eprubetă și transplantării

embrionilor în uterul mamei. Numărul copiilor născuți în lumea întreagă prin procedeul „in vitro" a ajuns la opt, cei de acum fiind gemeni: un băiat și o fetiță. Băiețelul s-a născut suferind de o anomalie cardiacă. El a trebuit să fie supus (7 iunie 1981) unei intervenții chirurgicale încununate de succes.

La centrul de cercetări zootehnice de lîngă Rostock, R. D. Germană, s-a născut (1979) un viței „experimental", obținut dintr-un ovul fecundat la un institut zootehnic polonez. După fecundare, acest ovul a fost congelat la o temperatură de minus 196°C și transportat în R. D. Germană, unde s-a păstrat în azot lichid, timp de peste trei luni. În sept. 1978 a fost scos din conservantul respectiv și dezghețat treptat, după care a fost implantat unei cornute de rasă locală; s-a născut un viței sănătos, de 37 kg. Experimentul prezintă un mare interes științific și practic: păstrarea embrionilor în azot lichid și transplantarea lor accelerează și ieftinește procesul de înmulțire a unor rase valoroase de animale; pe de altă parte, embrionul de rasă superioară poate fi transplantat, cu rezultate foarte bune, la un animal mai puțin valoros.

Regenerarea părților distruse din organisme vii, realizată prin intervenția omului, este și ea o dovadă a posibilităților bioingineriei ca știință a conceperii vieții.

Pentru prima dată în lume, la începutul anului 1980 biologul Alexandr Studitski, de la Institutul de morfologie evoluționistă și ecologie a animalelor din Moscova, a realizat regenerarea completă a unor mușchi mari, cu vasele și nervii respectivi, prin descoperirea și utilizarea funcțiilor celulelor mioblaste. Pentru a demonstra metoda sa, îndelung experimentată pe animale, omul de știință sovietic a prelevat mușchiul umeral al unui cocoș, pînă la os, din care a mărunțit circa două treimi; bucățele de mușchi le-a pus peste osul gol și a cusut rana de pe aripa pasării. Făcînd, la numai cîteva ore după intervenție, o analiză a țesutului prelevat, a evidențiat distinct, la microscop, activitatea celulelor mioblaste, din care se formaseră rapid, atît la animalul matur, cît și la cel tînăr, fibre musculare. După trei zile, în fibrele musculare au început să se dezvolte vase și nervi. Reregenarea completă a mușchiului prelevat al pasării a intervenit cam la o lună de zile.

După succese obținute în experiențe de laborator, trei cercetători canadieni din Toronto și-au anunțat în vara

anului 1980 intenţia de a efectua o grefă de piele „semiartificială" unui pacient care a suferit arsuri grave. În două săptămîni de la accident pielea prelevată de la bolnav şi tratată cu substanţe gelatinoase a dezvoltat în continuare o reţea de vase capilare normale. Iniţial de mărimea unei monede, fragmentul de piele a crescut cît un pachet de ţigări.

Un medic din statul american Louisiana a obţinut, în anul 1979, culturi de celule prelevate din inimi de pui de şoareci de 3—4 zile, pe care a izbutit apoi să le recultive, după o perioadă de congelare. Culturile de celule iniţiale au supravieţuit timp de patru luni. Chiar şi celulele prelevate din ventricule, care s-au deteriorat în timpul separării lor de celulele din auricule, s-au regenerat în mediul de cultură şi după 15 min. au început să pulseze. După 24 de ore fiecare celulă s-a contractat în ritmul propriu, efectuînd circa 200 pulsaţii pe minut. În procesul diviziunii, celulele s-au apropiat între ele formînd o reţea. Cînd două astfel de celule veneau în contact, pulsul lor se sincroniza, acest proces extinzîndu-se pe măsura formării reţelei. Contracţiile se intensificau odată cu trecerea timpului.

În decurs de cîteva decenii medicina va izbuti să regenereze membrele superioare sau pe cele inferioare, pierdute de om în timpul accidentelor, a declarat un om de ştiinţă englez. Salamandra îşi poate regenera o labă tăiată, dar broasca nu izbuteşte să facă acelaşi lucru; dacă însă este tratată cu anumiţi hormoni, broasca poate dobîndi această capacitate. Teoretic, o asemenea capacitate este posibilă şi la om. În acest scop, va trebui elucidat însă modul de diviziune şi de diferenţiere a celulelor, precum şi mecanismul unirii lor pentru a da naştere unei structuri determinate, probleme la care lucrează în prezent numeroşi savanţi.

Beneficiind de propriul său progres, biologia va fi în curînd în măsură să dea răspuns complet la una din vechile şi fundamentalele sale probleme: cum se transmit semnalele externe — vizuale, auditive, olfactive etc. — spre creier şi, implicit, care este izvorul şi mecanismul inteligenţei umane? În această direcţie, rezultatele unor cercetări recente obţinute în R. F. Germania, de un grup de oameni de ştiinţă de la Institutul de Biochimie din Martinsried-München, au demonstrat că neuronii născuţi din fuziunea celulelor nervoase ale unor animale cobai, continuă să se dezvolte într-un lichid nutritiv, formînd noi celule ce se asamblează comparabil cu

rețelele nervoase și care reacționează la excitații exterioare. Aceste noi celule dezvoltate sub controlul omului permit, pentru prima oară, analiza directă a proprietăților lor chimice și electrice.

Un alt nou domeniu terapeutic medical care nu ar fi apărut și despre care nici nu s-ar fi putut discuta în lipsa tehnicilor bioinginerești este acela al *transplantului de organe.*

Înainte de transplanturile la oameni s-au experimentat, cu succes, numeroase transplanturi de inimă la animale (de exemplu experiențele profesorului sovietic Sinițin).

Cele mai importante transplanturi de organe, din punct de vedere tehnico-medical și umanitar, sînt cele de inimă, realizate pentru prima oară în lume, la sfîrșitul deceniului al 7-lea, la spitalul „Groote Schuur", din Africa de Sud, de către doctorul în științe medicale Christian Barnard (pînă acum au fost efectuate cîteva sute de asemenea transplanturi).

În 1979 Dorothy Fischer, în vîrstă de 48 de ani, a sărbătorit cea de-a zecea aniversare de cînd are o altă inimă, participînd la o întrunire cu personalul spitalului „Groote Schuur", unde a fost efectuată grefa.

În același an s-a anunțat că americanul Gerald Young, din Cherry Hill, statul New Jersey (S.U.A.) în doi ani a schimbat 3 inimi: primul transplant a fost făcut în 1976 (avea 43 de ani), de medicii clinicii universitare din Stanford; după un an, starea sa a început să se înrăutățească și medicii au opinat pentru un nou transplant, intervenție care n-a reușit, ceea ce i-a determinat pe medici să recurgă la al treilea transplant. După a treia operație pacientul se simte bine și duce o viață normală; încă din timpul convalescenței a început să practice ciclismul.

Între 1968 și 1980 în Marea Britanie s-au efectuat 14 operații de transplant cardiac, al 14-lea caz fiind executat în martie 1980 la spitalul Uxbridge din Londra, unui pacient în vîrstă de 48 ani.

La Lyon s-a realizat (1980) o grefă de plămîn — prima intervenție medicală de acest tip întreprinsă în Franța. În urma unui accident, plămînul stîng al pacientului fusese puțin afectat, în timp ce plămînul drept fusese grav lezat ceea ce a determinat înlocuirea lui cu plămînul unui donator. S-a pronosticat că, dacă nu se va manifesta rapid un fenomen de respingere, plămînul grefat ar fi trebuit să asigure singur supra-

vieţuirea pacientului timp de cîteva luni, timp în care şi plămînul stîng şi-ar fi putut redobîndi o valoare funcţională suficientă. În Japonia, pînă la acea dată, transplantarea a numai cîte unui plămîn a dus la trei cazuri de vindecare definitivă.

La clinica Universităţii din Stanford (California) s-a efectuat un transplant cardiac şi pulmonar (1981) unei paciente de 45 de ani, a patra intervenţie chirurgicală de acest fel realizată pe plan mondial. Inima şi plămînii donatorului au fost transplantaţi în cursul unei operaţii care a durat patru ore. Ceilalţi trei pacienţi, care au suferit grefe asemănătoare, între 1968 şi 1971, au supravieţuit 8—23 de zile. Medicii din Stanford apreciau că în cazul menţionat existau şanse mai mari de supravieţuire datorită utilizării unui medicament nou — ciclosporina — care ameliorează procesul de cicatrizare şi împiedică dezvoltarea infecţiilor.

Oamenii de ştiinţă sovietici au reuşit să efectueze, în vara lui 1979, un transplant osos, care poate depăşi bariera biologică a incompatibilităţii. Conform procedeului pus la punct se diminuează cantitatea de apă conţinută în osul ce se grefează, acesta fiind, de asemenea, supus unui proces de răcire treptată. Or, prin aceasta, se reduce reacţia de respingere a organismului. Rapiditatea „prinderii" grefei osoase este favorizată şi de un tratament al ţesutului cu stimulatori biologici. Astfel se obţine o bună sutură, fără a se diminua capacitatea de mişcare.

La catedra de chirurgie operatorie şi anatomie topografică din Vitebsk, corespondenţii revistei „L'Union Sovietique" filmau doi cîini care fugeau plini de vioiciune; cele două animale fuseseră mult timp lipsite de labele anterioare (unul 18 luni, iar celălalt 2 ani şi jumătate).

Reuşita chirurgicală aparţine prof. Anatolie Demetski, căruia i-au fost necesari 15 ani de muncă asiduă pentru a elabora respectivul procedeu de transplantare. Cu mulţi ani în urmă, cînd era medicul unei uzine, a început să se preocupe de găsirea unor mijloace pentru „conservarea" membrelor amputate, pentru a le face să „trăiască" pînă cînd ajung pe masa de operaţie; au fost încercate mijloace chimice, fizice şi biologice. Tentativele au reuşit abia atunci cînd cercetătorul a recurs la cîmpul magnetic care fusese deja folosit la conservarea sîngelui. Primele experienţe întreprinse între 1963—1965, cu ajutorul unor aparate create chiar în institut, au demonstrat că un cîmp electromagnetic exercită

o influență pozitivă asupra majorității funcțiilor organismului și previne deteriorarea țesuturilor. În 1970 au fost făcute publice primele rezultate ale transplantului unui membru care fusese în prealabil tratat printr-un cîmp electromagnetic.

Fig. 4. — Un cîine căruia i s-au transplantat membre prin tehnica cîmpului electromagnetic

În linii mari, metoda folosită este următoarea. După o primă magnetizare, membrul amputat este lăsat în repaus timp de 3 ore, apoi plasat într-un cîmp electromagnetic, după care este imediat grefat. După operație, locul suturii este din nou expus acțiunii cîmpului magnetic. În sfîrșit, se acționează cotidian asupra transplantului printr-un cîmp electromagnetic de o intensitate de 100—200 oersted, timp de 7—15 zile. Aceasta este totul; nici o transfuzie sanguină, nici un medicament sau antibiotic. Nici una dintre operațiile făcute pe cîini n-a prezentat complicații. Ulterior această metodă a fost folosită, cu același succes, asupra oamenilor.

Perspectivele ei sînt evidente: în principiu orice rănit care ajunge la clinică în primele 7 ore după accident are

şanse de reuşită. Pentru o perioadă de timp mai lungă sau în cazurile cînd membrele sînt distruse se recurge la „banca de organe". Orice organ va putea fi conservat timp îndelungat într-o soluţie specială, cu condiţia ca recipientul şi soluţia să fie plasate sub un cîmp electromagnetic. Se presupune că magnetoterapia are un mare viitor. Cu atît mai mult cu cît „magnetizarea" pacienţilor este lipsită total de dureri. Pînă în iulie 1979 mai mult de o sută de persoane care au suferit diverse fracturi, arsuri sau maladii vasculare au părăsit vindecate Institutul de medicină din Vitebsk.

Dr. Joseph Kubacki, de la spitalul St. Christopher din Philadelphia, a reuşit (1979) să grefeze unei fetiţe care nu împlinise două săptămîni, corneea luată de la o alta de nouă ani. Operaţia s-a desfăşurat cu ajutorul unor microscoape puternice, iar pentru sutură s-au folosit fire de grosimea firului de păianjen.

O grefă de rinichi a fost efectuată unui copil, de un an, de către echipa doctorului Michael Bewick de la spitalul „Guy" din Londra. Copilul, pe nume Adam Hartnell, este cel mai tînăr bolnav căruia i s-a făcut o astfel de operaţie în Marea Britanie. Grefele de rinichi sînt foarte rar practicate la copii mai mici de cinci ani. Se apreciază că pînă acum doar circa 30 de copii din lume au suferit astfel de operaţii. Micul Adam a primit organul de la o femeie adultă ai cărei rinichi aveau dimensiuni neobişnuit de reduse.

După numeroase cercetări şi experienţe pe animale, medicii de la Centrul spitalicesc al Universităţii din München — R.F. Germania au izbutit (1981), pentru prima oară în lume, să transplanteze vase limfatice umane; acestea au fost prelevate şi reimplantate sub microscop, durata operaţiei fiind de opt ore.

O echipă de cercetători de la Universitatea din Rochester (S.U.A.) a reuşit grefa unor porţiuni infime de ţesut cerebral, operaţia fiind o premieră. În acest scop, ei au folosit o rasă de şobolani suferind de o malformaţie genetică: lipsa unui hormon, produs în hipotalamus, care determină proasta funcţionare a rinichiului, ceea ce făcea ca şobolanii să bea foarte multă apă. Cercetătorii au prelevat porţiuni din hipotalamusul unor şobolani normali pe care le-au grefat celor la care hormonul respectiv lipsea. După operaţie şobolanii cu malformaţia amintită au început să bea apă în cantităţi normale.

Se apreciază că experienţa amintită deschide perspective nebănuite în domeniul medicinii şi biologiei.

2.1.2. FORME „PREBIOTICE" ALE MATERIEI, CREATE ARTIFICIAL

Calea artificială prin care omul creează forme prebiotice mai primitive sau mai evoluate va fi ilustrată de o serie de exemple.

Încercările de a se obţine compuşi chimici constituenţi ai organismelor vii s-au soldat cu o serie de succese. În urmă cu circa 50 de ani, H. J. Müller a dat semnalul unei serii de experienţe de acest gen. Modele ale unor celule primitive au fost obţinute de savanţii: Bungenberg de Jongh, acad. Aleksandr Oparin şi acad. Eugen Macovschi [8] (coacervate*) şi de S. W. Fox (microsfere).

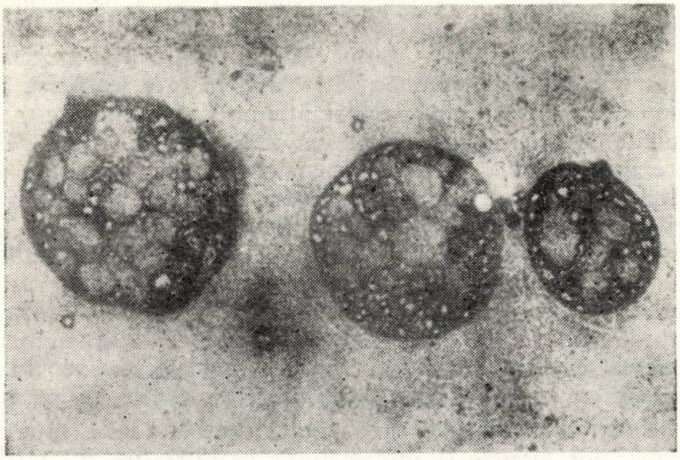


Fig. 5. — Secţiune transversală a picăturilor de coacervat obţinute de acad. Eugen Macovschi din proteinele serice cu gumarabic

Într-adevăr problema fundamentală a ştiinţei, determinantă pentru procesul cunoaşterii, rămîne cea a originii vieţii.

* Picături de coloid organic într-o soluţie de substanţe organice şi anorganice, care posedă însuşirea de a se autostructura, moleculele sale complexe aşezîndu-se într-o anumită ordine, precum şi de a absorbi şi fixa în structura sa unele molecule din mediu.

„Abordarea sa strict ştiinţifică şi experimentală are o vechime de numai cîteva decenii. Aproape simultan, biochimistul sovietic A.I. Oparin şi biologul englez J. Haldane au emis ipoteza genezei materiei vii din moleculele simple, care compuneau atmosfera terestră primară — sub acţiunea energiilor existente pe planeta prebiotică —, molecule care s-au transformat într-o mare varietate de substanţe organice, capabile să conducă, în final, la structuri superioare organizate, însoţite de cele mai simple funcţii „celulare". Această ipoteză, Oparin-Haldane, a deschis o nouă eră în gîndirea umană privitoare la apariţia vieţii şi a oferit bazele teoretice pentru experienţe de simulare a condiţiilor de pe planeta abiotică, în vederea dovedirii, prin rezultate de laborator, a justeţei tezelor sale.

Au fost necesare aproape trei decenii pînă la primul suport experimental. S. L. Miller, la sugestia profesorului H. Urey, laureat al Premiului Nobel, plecînd de la metan, amoniac, vapori de apă şi hidrogen, componente presupuse ale atmosferei primare, obţine (1953), sub acţiunea descărcărilor electrice, un amestec de reacţie, în care se găsesc acizi aminici (glicină, alanină, acid glutamic şi aspartic etc.), „cărămizile" edificiului materiei vii. Experimentul Urey-Miller reprezintă cel de-al doilea moment crucial în dezvoltarea cercetărilor privitoare la originea vieţii. El a fost reluat, în variante, de către un mare număr de savanţi conducînd la o adevărată explozie de publicaţii, cu rezultate care îmbogăţesc procesul cunoaşterii şi adîncesc domeniul explorat. În paralel, s-au emis noi ipoteze, menite să faciliteze şi să orienteze investigaţia, să genereze şcoli ştiinţifice şi să grăbească definirea elementelor-cheie, pentru salturi calitative, în reconstituirea drumului care a condus la primele fiinţe vii".*

Pornind de la date care rezultă dintr-o analiză atentă a fenomenelor terestre şi informaţiilor extraterestre şi acordînd priorităţi unor factori determinanţi care se presupune că stăpîneau planeta noastră acum circa 4,5 miliarde de ani (compoziţia atmosferei primare, presiunea, temperatura, formele de energie, starea litosferei şi hidrosferei etc.), în diferite şcoli ştiinţifice s-a trecut la experimente de simulare a condiţiilor prebiotice, spre a obţine dovezi materiale asupra originii vieţii. Astfel, S.W. Fox, la începutul deceniului trecut, a sintetizat, în condiţii anhidre, structuri de tip polipeptidic (pro-

* Cristofor Simionescu, *Originea vieţii*, 1980.

sorbite de suprafaţa gheţii, care îndeplinea şi rol de matrice. Experimentul a permis obţinerea unei adevărate „supe primare", cu un conţinut impresionant de compuşi chimici. Au fost identificaţi toţi bioprecursorii materiei vii: acizi şi baze organice, zaharuri, peptide şi polipeptide, porfirine, nucleozide, lipide etc. De remarcat faptul că de la gazele atmosferei primare şi pînă la acest complex de compuşi foarte reactivi, micro şi macromoleculari, nu s-a intervenit cu nici o substanţă sintetizată în exterior. În prezenţa unor argile sau compuşi similari ce conţin fosfor, din „supa primară" s-au selectat componenţii unei protocelule care prezenta membrană cu pereţi dubli şi procese protoenzimatice. De mare însemnătate se dovedesc fenomenele de acumulare şi transformare a energiei (fotosinteză simulată) şi de autoreplicare.

S-a obţinut deci un model pentru originea vieţii, care a condus la populaţii de microsfere uniforme, cu diametru de pînă la 60 μ stabile, prezentînd un anume potenţial de membrană, fotoexcitabilitate şi semiconductivitate. Aceste protocelule reţin compuşi biologici importanţi şi mediază procese de fotofosforilare, care deschid perspectiva pornirii maşinii biologice sintetice.

Utilizarea principiului cibernetic al modelării deschide mari perspective dezvoltării în continuare a medicinii şi biologiei. Astfel, în 1953, oamenii de ştiinţă, M. Wilkins, F. Crick şi J. Watson laureaţi ai Premiului Nobel (1962) pentru fiziologie şi medicină, au construit modelul acidului deoxiribonucleic. Modelarea acestei substanţe pur chimică, purtătoare a caracterelor ereditare, a permis să se observe că moleculele DNA au remarcabila proprietate de a se reproduce aidoma unor organisme vii. Alături de alte experienţe, cum este alcătuirea marilor molecule de proteine care se asamblează în diverse moduri, fără control exterior, formînd virusii ca organisme vii simple, modelarea de mai sus confirmă, ca o importantă concluzie, caracterul automat al proceselor vieţii. Aceasta uşurează înţelegerea apariţiei vieţii, ca o combinaţie extraordinară şi specială de proprietăţi chimico-fizice ale moleculelor, în antiteză cu ideea divizării materiei, în vie şi inertă. Apare astfel teoretic posibil ca viaţa să se fi născut cu totul întîmplător atunci cînd, în condiţii favorabile, ciocnindu-se accidental, atomii s-au legat spontan, într-un anumit mod, formînd unele molecule speciale, care să aibă proprietatea de a se reproduce, satisfăcînd astfel prima condiţie esenţială a vieţii.

Colaborarea dintre biologie și cibernetică a mers atît de departe, încît pe un calculator electronic a fost „creat" un embrion nu în sens biologic, ci în model cibernetic, avînd o formă foarte apropiată de cea reală. Este realizarea cercetătorilor englezi dr. D. Ende, embriolog și J. Law, cibernetician.

Cercetătorii de la Institutul național al sănătății din S.U.A. sînt preocupați de mai mulți ani de problematica fabricării anticorpilor sintetici, pentru a proteja organismul uman împotriva bacteriilor, virușilor și altor agenți patogeni. Un prețios punct de plecare în această direcție îl constituie descoperirea structurii anticorpilor, care, după cum se știe, sînt substanțe proteice elaborate de organism ca mijloc de apărare împotriva corpurilor străine. Structura lor ar fi trilobară, anticorpii fiind alcătuiți din două lanțuri scurte de proteine și unul lung. Datorită unei flexibilități deosebite, forma lor poate varia, aducînd fie cu un *Y*, fie cu un *T*. Cercetătorii au și construit (1976) un model tridimensional, deosebit de util, ca un prim pas în vederea creării de anticorpi pe calea sintezei.

Prof. Allen J. Bard, de la Universitatea din Texas, a realizat (1979), printre primii în istoria științei, în condiții de laborator, pe cale nebiologică, fotosinteza, proces aflat la originea vieții. Cercetătorul american a reușit să sintetizeze aminoacizi, componenți esențiali ai materiei vii, plecînd de la trei elemente constitutive care se găseau în atmosfera pămîntului, în perioada îndepărtată a apariției vieții pe planeta noastră — apa, amoniacul și metanul; soluția respectivă a fost tratată cu oxizi de titan, care conțineau și o cantitate de platină foarte redusă și apoi expusă acțiunii razelor solare. În cercurile științifice se reamintește că în urmă cu cîțiva ani s-au obținut aminoacizi din apă, amoniac și metan, dar în condițiile unor descărcări electrice. Practic, fotosinteza pe cale nebiologică sau mecanică este, așadar, realizată acum experimental, această descoperire fiind de natură să contribuie la mai buna înțelegere a mecanismelor complexe ale proceselor vitale.

Așa-numitul „factor de creștere al nervilor" (NGF), descoperit în 1952 de către cercetătoarea italiană Rita Levi-Montalcini, a produs o adevărată revoluționare a neurobiologiei moderne. NGF a fost și este încă singura substanță chimică cunoscută, capabilă să stimuleze creșterea și diferențierea celulelor nervoase nemature. De curînd, aceeași cercetătoare a

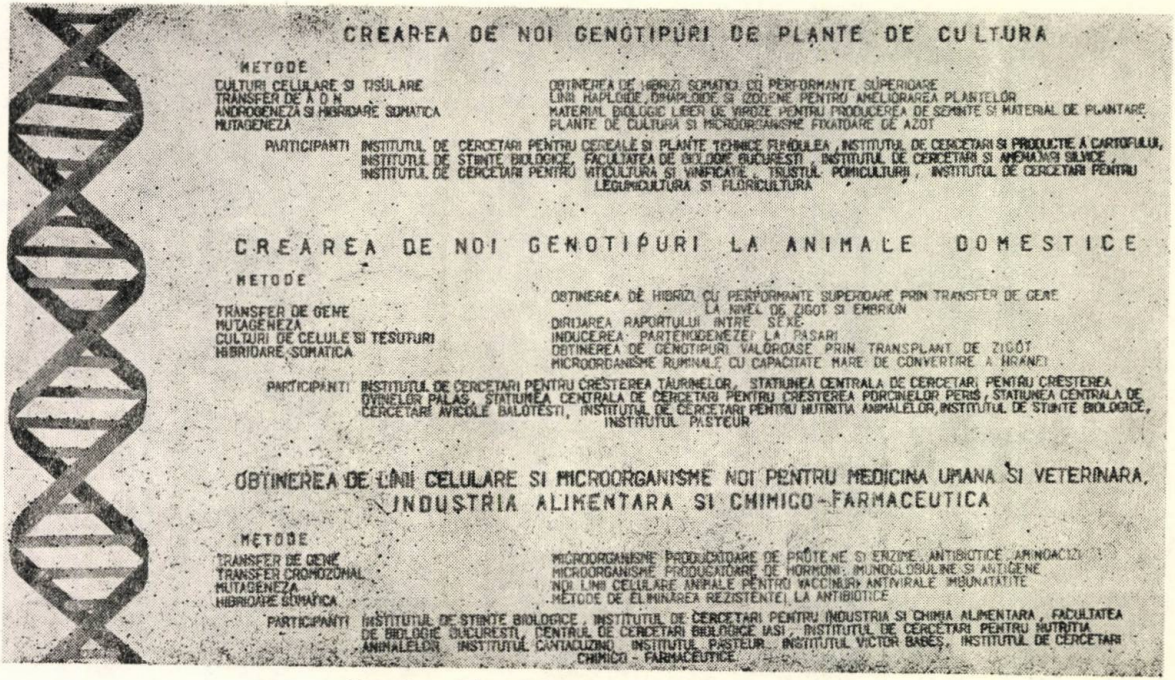


Fig. 6. — Direcțiile programului de genetică

macromoleculelor de acid deoxiribonucleic (DNA), substanță în care este înscrisă informația ereditară a tuturor ființelor. Cu numai cîteva decenii în urmă, însăși existența materială a cromozomilor era negată și nu numai de filosofii idealiști. Consecințele concepțiilor neștiințifice ale negării rolului cromozomilor în ereditatea organismelor s-au resimțit și în practica agricolă și zootehnică. În prezent, nimeni nu se mai îndoiește că ereditatea — și, respectiv, gena — are un substrat material bine determinat, fiind un segment din macromolecula de DNA care conține în ea, codificată, o anumită cantitate de informație genetică. Deși sinteza artificială a genelor a fost un vechi deziderat al biologiei, ea a început să devină realitate numai odată cu progresele geneticii moleculare. În 1970, prof. H. Khorana, împreună cu o echipă de cercetători de la Universitatea din Wisconsin, a reușit să realizeze prima sinteză artificială a unei gene de la drojdia de bere. Ulterior, progresele în această direcție s-au succedat rapid. În 1975 s-a realizat sinteza artificială a genelor care intervin în producerea hemoglobinei din sîngele iepurelui; era prima sinteză a unei gene de mamifere. În prezent, în diferite laboratoare din lume se lucrează la sinteza altor gene.

Anul 1981 a adus o adevărată revoluție în biologie: darea în folosință a primelor mașini de calculat structura genelor.

După cum se știe, în compoziția unei gene intră patru tipuri de nucleotizi care codifică informația genetică (cu ajutorul a patru simboluri, litere care la rîndul lor formează „cuvinte", zeci și sute de cuvinte, a căror ordine determină caracteristicile genei respective). Biologilor le-au fost necesari ani întregi pentru sintetizarea primei gene, dar cu ajutorul mașinilor este suficientă doar o săptămînă sau două! Această veritabilă mecanizare a biologiei este de natură să permită dezvoltarea vertiginoasă a ingineriei genetice, care prin marele său număr de aplicații ar putea transforma radical viața omului.

În prezent, ca o primă etapă se întrevede posibilitatea ca genele sintetizate artificial să fie inserate în virusuri, care la rîndul lor să transfere genele respective în anumite celule bacteriene. Pe baza acestui transfer de gene, bacteriile vor putea sintetiza diferiți aminoacizi, proteine, enzime, hormoni, antibiotice etc., după dorința și interesele omului. Bacteriile, care sînt cultivate ușor și ieftin, vor putea astfel să producă diferite biomolecule pe o cale complet nouă și de mare eficiență.

mare succes, de la apariția sa cu numai trei decenii în urmă. Fiind mai puțin spectaculoasă decît ajungerea omului pe Lună, sau decît identificarea a sute de particule subatomice noi în acceleratoare gigantice, marele public ignoră că știința contemporană a avut o contribuție extraordinară tocmai în problema structurii vieții și în elucidarea legilor sale elementare.

În momentul de față, nu celula este aceea care face obiectul miilor de cercetări efectuate în circa o sută de laboratoare din lumea întreagă, ci legile unei chimii extrem de dificile: acea chimie care pătrunde pînă la moleculele constituite din sute de atomi. Proteinele, cromozomii, genele, acizii aminați, peptidele sînt unități de bază din ce în ce mai mici din care sînt constituite toate substanțele vii. Pentru studierea lor, trebuie pătruns tot mai adînc în microcosmosul celular. Fiecare celulă reprezintă, în ultimă instanță, o fantastică uzină, la al cărei creier-programator încearcă să ajungă biologii. Ei au descoperit acest super-ordinator în genele purtătoare ale caracterelor stabile ale speciei. Genetica s-a transformat, acum două decenii, din știință a cercetării și cunoașterii mecanismelor transmiterii caracterelor ereditare, în știință care studiază pur și simplu genele pe plan structural și chimic. Genetica a fost însă revoluționată ca știință în ultimul deceniu realizînd o adevărată transformare calitativă. Într-adevăr, începînd din 1970 a fost abordată o nouă etapă capitală, care neliniștește foarte mult un număr considerabil de specialiști. Este vorba de „manipulațiile genetice", pe care oamenii de știință preferă să le denumească „inginerie genetică", adică posibilitatea de a provoca pe cale artificială, în laborator, modificări (mutații) ale caracterelor specifice transmisibile.

De fapt, mutațiile se obțin în practică prin încrucișări în cazul florilor și animalelor și prin iradierea semințelor. Însă intervenția în evoluția normală este, în cazul manipulațiilor genetice, cu totul altceva, atît în ce privește principiul, cît și amploarea și rezultatele obținute. Un exemplu ne va ajuta să înțelegem acest lucru. Prof. Roger Guillemin, biolog american de origine franceză, distins cu Premiul Nobel în 1977, și-a început cercetările pe cantități infinitezimale, o milionime de miligram, ale unui hormon al creierului. Pentru a izola acest hormon (cercetările au început în 1965 și au durat trei ani) au fost necesare cinci milioane de creiere de

oaie şi s-au manipulat 50 tone de fragmente de hipotalamus*, glandă minusculă, din care s-a putut extrage... un miligram de hormon.

În aceeaşi perioadă „Le Monde" arăta, în articolul *Hormonul cerebral uman deschide noi perspective în domeniul geneticii şi medicinii*, că aceasta era PRIMUL „hormon" al creierului izolat de om, un mic peptid secretat de hipotalamus, care reglează, prin intermediul hipofizei, funcţiile glandei tiroide.

UN AL DOILEA hormon a fost izolat (în 1971) de Schally, laureat al Premiului Nobel 1977 şi, ceva mai tîrziu, de R. Guillemin, cu preţul unor mari dificultăţi şi prin metode mai puţin folosite.

În 1972, R. Guillemin izola şi caracteriza un AL TREILEA HORMON — *somatostatina* —, care în clinica umană prezintă cel puţin două aplicaţii importante: inhibă secreţia hormonului de creştere, precum şi secreţia a doi hormoni ai pancreasului — glucagonul şi insulina —, care asigură regularizarea procentului de zahăr în sînge şi a căror dereglare conduce la diabet şi la complicaţii vătămătoare.

Cele două activităţi, precum şi faptul că acest hormon este de o structură chimică relativ simplă, au determinat să se pună ca obiectiv SINTEZA ARTIFICIALĂ a acestui peptid. În ce priveşte somatostatina, R. Guillemin vedea în ea mijlocul nu de a înlocui insulina, dar de a i se alătura pentru „a corecta deficienţele metabolismului şi ale sistemului endocrin proprii diabetului, într-un mod care să nu mai permită doar administrarea de insulină".

Sinteza chimică a acestui peptid s-a realizat în chiar anul descoperirii sale, dar cu ajutorul unor mijloace costisitoare şi complexe, care nu permiteau decît să se obţină cîteva miligrame, utile doar pentru cercetarea fundamentală şi aplicată, în nici un caz să se asigure o producţie de masă. Succesul pe care l-au obţinut trei echipe care au cooperat la acelaşi proiect, constă tocmai în faptul că se întrevede posibilitatea obţinerii unei producţii de masă (specialiştii în ingineria genetică au ajuns să sintetizeze, în numai 2 zile, 5 miligrame din acest hormon, sau de cinci ori mai mult decît pe cale chimică, cu ajutorul a 20 g de bacterii ţinute în 10 litri de substanţă de cultură). Cu alte cuvinte, un astfel de laborator reprezintă un potenţial formidabil de sinteză.

* Parte a diencefalului vertebratelor, prin care acesta se leagă de hipofiză (neurohipofiză).

lua probabil o mare amploare. Printre altele, bacteriile ar putea constitui o inepuizabilă sursă producătoare de proteine valoroase care să satisfacă nevoile de consum ale populației globului, aflată în continuă și vertiginoasă creștere.

Ingineria genetică poate avea un rol însemnat și în ameliorarea plantelor, a animalelor. Folosirea metodelor acesteia a făcut posibilă obținerea de organisme complet dezvoltate pornindu-se de la o singură celulă, cum sînt grăunciorii de polen. Aceste plante „fără mamă" au un număr de cromozomi redus la jumătate, sînt pure, din punct de vedere genetic, și pot fi utilizate la crearea de linii izogene, material de bază pentru obținerea de noi soiuri și hibrizi. În timp ce prin metodele clasice era nevoie de 7—8 generații și deci de tot atîția ani pentru obținerea unor linii pure, astăzi, liniile respective pot fi realizate într-o singură generație. Concentrîndu-și eforturile în această direcție vitală și pentru agricultura din țara noastră, o echipă de cadre didactice și cercetători din laboratorul de genetică de la Universitatea din București a obținut plante haploide prin androgeneză, la mai multe specii cultivate.

O realizare remarcabilă a ingineriei genetice o constituie obținerea hibrizilor interspecifici (între specii diferite) prin hibridare celulară. În lume s-au obținut astfel de hibrizi celulari între tomate și cartofi, fapt care deschide perspectiva creării unor forme complet noi de plante. Și la animale s-au făcut experiențe extrem de interesante de hibridare celulară între celule de om și de șoarece, celule de șoarece și găină, celule de om și de țînțar etc., care, deși par de domeniul fanteziei, sînt reale și cu implicații foarte utile. Oamenii de știință speră să poată transfera, prin hibridări bine alese, gene de la speciile sălbatice — mai rezistente la boli și la condiții nefavorabile — la cele domestice. Nu este exclusă posibilitatea creării — desigur, în viitor — a unor hibrizi la care să se îmbine productivitatea mare a porumbului, de exemplu, cu bogăția de proteine a plantei soia sau a unor hibrizi între specii sudice și unele nordice, deci rezistente la frig, fapt care va permite extinderea unor culturi mult spre nord.

Concluzia ce s-a desprins în cadrul unei mese rotunde în problemele alimentației și energeticii, care a avut loc la Geneva, în primăvara anului 1981, a fost că: „Utilizarea tehnicilor de inginerie genetică în agricultură poate permite satisfacerea necesarului de alimente al omenirii, în ciuda unei

creşteri potenţiale a populaţiei lumii, cu 50%, pînă în anul 2000".

Participanţii au subliniat faptul că ingineria genetică prezintă un interes deosebit pentru statele industrializate, dar mai ales pentru ţările în curs de dezvoltare, confruntate cu problemele foametei şi subnutriţiei.

În domeniul hibridărilor, trei echipe de cercetare (din S.U.A., Anglia şi R. P. Ungaria) au reuşit — fiecare în parte — o performanţă deosebită şi anume hibridarea între diferite celule vegetale şi animale. Hibridarea celulară dintre plante şi animale deschide perspectiva obţinerii unor forme total noi de organisme, capabile să producă proteine animale, fapt care ar contribui, de asemenea, la ameliorarea „foamei de proteine" în lume.

Ingineria genetică deschide noi căi şi în privinţa transferului genelor care au proprietatea de a determina fixarea azotului atmosferic de la bacteriile fixatoare de azot (de pe rădăcinile plantelor leguminoase, cum sînt fasolea, mazărea etc.) la alte bacterii sau direct în cromozomii plantelor. Evident, un astfel de transfer ar însemna rezolvarea radicală şi extrem de eficace a problemei îngrăşămintelor azotate. Asemenea cercetări se fac şi în ţara noastră, la Institutul de cercetări biologice din Bucureşti, iar coordonarea pe plan naţional a cercetărilor de inginerie genetică se realizează în cadrul unui program naţional de inginerie genetică iniţiat în ţara noastră de Consiliul Naţional pentru Ştiinţă şi Tehnologie, cadru în care mai multe laboratoare — de la Universitatea din Bucureşti, Institutul de cercetări biologice, Academia de Ştiinţe Medicale, Academia de Ştiinţe Agricole şi Silvice — au sarcina de a contribui, prin metode noi, la rezolvarea unor probleme importante în domeniul agriculturii, zootehniei, medicinii umane şi veterinare, industriei alimentare (procesele fermentative), farmaceutice, protecţiei mediului etc.

Una dintre aplicaţiile ingineriei genetice constă în obţinerea unor microorganisme utile omului, fie în lupta împotriva poluării şi a maladiilor, fie chiar în procese productive.

În laboratoarele unui centru de cercetări din New York a fost „fabricată" (1976) o bacterie capabilă să „digere" petrolul deversat în mări, distrugător al faunei şi florei marine. Bacteria reprezintă una din primele aplicaţii practice ale „ingineriei genetice", tehnică ce permite asocierea materialului genetic al mai multor bacterii pentru a crea o nouă varietate. Varietatea obţinută în cazul de faţă poate „digera" hidrocar-

de la Universitatea din Moscova, care au pus la punct procedeul respectiv, perfecționau (în 1980—1981) procedeul microbiologic spre a fi folosit la scară industrială și acționau pentru obținerea unei tulpini de înaltă productivitate.

Datorită faptului că tehnologiile actuale de producere a hidrogenului necesită un mare consum de energie, la Institutul central de biologie din București se întreprind ample cercetări pentru a redirecționa fotoliza în vederea producerii combustibilului viitorului — hidrogenul. Acesta poate fi folosit sub formă gazoasă ca substituent al gazelor naturale sau, lichefiat — ca înlocuitor al combustibililor convenționali. Cercetătorii bucureșteni și-au propus să obțină hidrogen gazos prin activitatea unor bacterii, folosind apa și deșeurile celulozice (fig. 8).

Sfera de aplicare a ingineriei genetice cuprinde astăzi și obținerea unor noi specii animale sau vegetale sau ameliorarea altora.

Geneticianul britanic dr. John King indica (1979) modalitatea realizării practice, cu ajutorul ingineriei genetice, a unui animal care să întrunească cele mai apreciate calități, atît ale oii, cît și ale porcului: transplantarea bagajului genetic al oii la porc. Avantajele pe care le poate oferi noul animal ar fi considerabile: oaia-porc ar furniza atît fripturi excelente, cît și lînă de calitate, ar da lapte ca oaia, dar ar avea prolificitatea porcului.

După părerea noastră trebuie admis că bioingineria înglobează și realizările obținute — încă înainte de conturarea ei — în biologie, în agronomie și în zootehnie, realizări considerate clasice, cum sînt obținerea unor soiuri noi vegetale și animale, hibridizările, încrucișările de rase etc.

Printre preocupările geneticienilor din R. F. Germania a căpătat contururi „capra ideală" care furnizează carne și lapte mulțumindu-se doar cu cîteva fire de iarbă de la marginea drumului, cu paie, ramuri, iarbă de stepă uscată de arșiță sau cu deșeuri menajere, rezistentă la temperaturi tropicale și polare. După părerea cercetătorilor, există bune perspective de reușită în acest sens dacă se va reuși să se încrucișeze capra domestică germană, care furnizează o producție ridicată de carne, cu capra malaeză pitică, deosebit de prolifică. Noua rasă — prima generație experimentală a fost obținută în anul 1981 — va întruni calitățile rasei autohtone (pînă la 40 kg greutate, producție de lapte anuală pînă la 500 litri) și ale rasei malaeze (trei iezi pe an, robustețe și adaptare ușoară). Geneticienii văd în acest proiect un progres

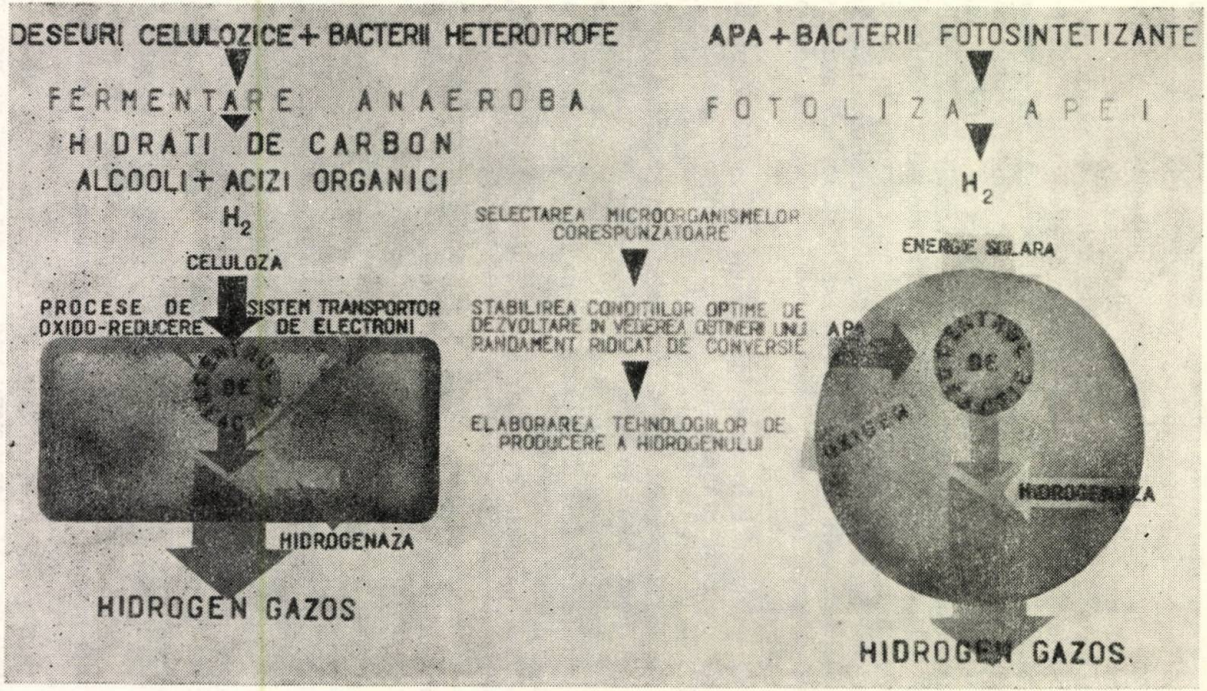


Fig. 8. -- Producerea hidrogenului pe cale biologică

(față de „copierea în țările aflate în curs de dezvoltare a producției alimentare din statele industrializate") în direcția „valorificării și ameliorării resurselor proprii".

Pădurile de stejar roșu din America de Nord sînt grav afectate de o maladie datorită unui parazit, o ciupercă denu-

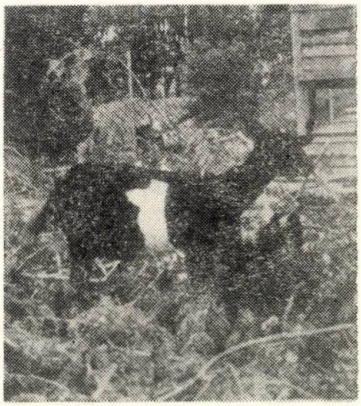


Fig. 9. — Încercare de încrucișare între capra autohtonă germană (stînga) și capra malaeză (dreapta)

mită *Cerastocystis fagacearum*. Din păcate, nu s-a găsit încă un remediu, stejarii atinși de această boală trebuind să fie tăiați. Ciuperca nu este însă dăunătoare pentru speciile de stejari care cresc în Europa; în schimb, un parazit similar — *Cerastocystis ulma* — a distrus, în ultimii 15 ani, milioane de ulmi într-un șir de țări occidentale, între care Franța și Marea Britanie. Pentru a împiedica extinderea maladiei, soluția radicală este distrugerea arborilor respectivi. În ultimii ani însă, geneticienii francezi au studiat crearea, prin selecție, a unor varietăți de ulmi rezistente la ciuperca respectivă. Se pare că, pe această cale, va putea fi salvată o parte importantă a patrimoniului forestier francez.

Genetica și ingineria genetică slujesc astăzi, așa cum am văzut, sănătății omului și prelungirii vieții lui.

Geneticianul român, dr. Constantin Maximilian a anunțat că pe cale de inginerie genetică s-a reușit sintetizarea unui hormon care să stimuleze hipofiza copiilor cu defecte de creștere. Patru biologi de la Universitatea California din San Francisco au reușit (1979) să sintetizeze hormonul de creștere

al omului, a cărui lipsă are drept consecință fenomenele de „nanism" (corpul nu se mai dezvoltă, persoanele respective rămînînd pitice). În acest scop, cercetătorii americani, folosind tehnicile moderne ale geneticii, au reușit să determine anumite bacterii să producă hormonul de creștere umană. Pînă în prezent, acest hormon era extras din creierul cadavrelor, fiind nevoie de nu mai puțin de 50 de cadavre pentru obținerea cantității de hormon necesare pentru un tratament cu durată de un an. Or, se consideră că în întreaga lume există peste 700 000 de copii care prezintă fenomene de nanism. Odată cu sintetizarea hormonului de creștere, pentru toți aceștia se conturează perspectiva unei dezvoltări normale. În plus, hormonul de creștere contribuie la cicatrizarea rapidă a leziunilor hemoragice gastrointestinale, a arsurilor grave, precum și la accelerarea refacerii fracturilor osoase.

O echipă de cercetători de la Universitatea californiană din San Francisco a reușit (1977) o premieră în chirurgie, la nivel microscopic, al materialului genetic. Ei au efectuat transplantul de la o celulă de șoarece la o bacterie din intestinul uman, a genelor care comandă sinteza insulinei. De remarcat că „generațiile" succesive ale bacteriei respective au continuat să dețină calitatea de a sintetiza prețiosul hormon. S-au deschis astfel perspective revoluționare în ceea ce privește tratarea diabeticilor, respectiv prin grefarea pe celulele pancreatice a genelor care comandă sintetizarea insulinei. În prezent, așa cum se cunoaște, acest hormon vital este obținut din pancreasul animalelor, în plus, tratamentul necesitînd — ca un serios inconvenient — injecții la intervale de timp apropiate.

În 1980 a fost anunțat un transplant genetic similar. Un grup de cercetători de la Universitatea Yale a reușit să transplanteze gene străine într-un embrion animal, ceea ce reprezintă un important succes al ingineriei genetice, vizînd modificarea eredității unui organism prin transplantarea unor gene de la un alt organism. Se menționează că cercetătorii americani au injectat gene de virus într-un embrion de șoarece; ulterior s-a constatat că virusul este încorporat definitiv în țesuturile embrionului aflat în dezvoltare.

Un prim pas pe calea obținerii unui vaccin antigripal universal sînt considerate cercetările și rezultatele obținute de o echipă de cercetători britanici. Spre deosebire de vaccinurile de pînă acum, pe bază de virusuri atenuate, oamenii de știință britanici recurg la „serviciile" unei bacterii inofensive, căreia

îi transferă, printr-o operație de inginerie genetică, gena virusului gripal, ultima fiind responsabilă cu producerea proteinei care, recunoscută de către organismul uman ca antigen, stimulează formarea de anticorpi. Vaccinul obținut pe această cale (1979) era eficient numai în cazul virusului respectiv, dar, conform opiniei cercetătorilor, este posibil să fie transferate în celula bacteriană genele tuturor tipurilor de virusuri ale gripei.

Într-un articol din revista franceză „Science et vie", apărut în primăvara anului 1980, intitulat „Patrimoniul genetic și tainele longevității" se arată că: se pare că longevitatea este ereditară. Un cercetător american a reușit să demonstreze, de curînd, că șansele de a trăi pînă la o vîrstă înaintată sînt determinate, în mare măsură, de cîteva gene, al căror rol este repartiția DNA-ului, — molecula pe care este înscris, încă din momentul fecundației, mesajul ereditar specific fiecărui individ. Dealtfel, aceleași gene sînt răspunzătoare și de sistemul imunitar ce protejează organismul împotriva agresorilor externi, cum ar fi infecțiile.

Grație lucrărilor efectuate de prof. Roy L. Walford, de la Universitatea din Los Angeles, putem înțelege în prezent mai bine dependența îmbătrînirii de reparația genetică. În organismele vii, celulele se reproduc neîncetat, cu ocazia fiecărei diviziuni celulare reproducîndu-se și molecula de DNA aflată în nucleul celulei și care conține mesajul genetic. Acest DNA este „copiat" de la o generație la alta; pe măsura îmbătrînirii însă, atît fidelitatea, cît și calitatea acestor „copii" se deteriorează (la început este copiat mesajul genetic original, mai tîrziu însă se realizează copii ale copiilor). Prin acumularea unor erori succesive, mesajul genetic specific fiecărui individ s-ar denatura curînd, dacă n-ar exista un sistem de autoreparare, înscris și el în codul genetic, care corectează, pe parcurs, erorile ce se produc. Acest sistem de autoreparare este mai mult sau mai puțin eficace, de la un individ la altul. Astfel, posedarea, încă de la naștere, a unor gene de autoreparație bune favorizează longevitatea care este deci de natură ereditară. Dealtfel, s-a observat încă mai de mult că diferiți indivizi sau grupuri etnice sînt dotate cu o mare longevitate.

Meritul acestor cercetări este că, pe de o parte, au identificat genele de autoreparare și, pe de altă parte, au demonstrat că aceste gene controlează în același timp funcționarea sistemului imunitar care joacă și el un rol primordial în îmbătrînirea organismului.

Sistemul imunitar are o funcție bine definită — aceea de a identifica în organism orice corp străin și de a pune în funcțiune un întreg sistem de apărare, al cărui obiectiv este să respingă sau să distrugă acest corp străin. Or, sistemul imunitar, al cărui cod este înscris în DNA, se deteriorează și el pe parcurs. Odată cu îmbătrînirea, organismul devine mai vulnerabil nu numai la agresiunile din afară dar, uneori, anumite celule proprii sînt luate drept corpuri străine și, prin urmare, distruse. Îmbătrînirea se manifestă deci și printr-o autodistrugere, organismul provocîndu-și singur leziuni.

Demonstrația prof. R. L. Walford a fost realizată pe șoareci provenind prin împerecherea, pe parcursul a zeci de generații, între șoareci frați și surori, obținîndu-se astfel exemplare identice din punct de vedere genetic. El a continuat selecția timp de mai multe generații, pentru a obține varietăți de șoareci care nu diferă între ele decît prin genele ce controlează sistemul lor imunitar.

A obținut astfel 14 varietăți diferite de șoareci, cu un sistem imunitar mai mult sau mai puțin eficace și a putut constata că animalele trăiesc cu atît mai mult, cu cît acest sistem imunitar este mai eficient. Șoarecii cu cea mai mare longevitate și deci cu sistemele imunitare cele mai eficiente posedau în același timp și cele mai bune mecanisme de autoreparare a DNA-ului. Șoarecii cu longevitate scăzută și cu sisteme imunitare deficiente aveau și sisteme de autoapărare mai puțin eficace.

S-a constatat că celulele provenind de la animalele cu longevitate ridicată, nu numai că reușeau să corecteze mai bine erorile DNA-ului, dar se reproduceau mai bine și trăiau mai mult.

Eficiența sistemului de reparare a DNA-ului constituie deci, ca și cea a sistemului imunitar, un factor de longevitate.

Noua ipoteză este susținută și de lucrările altor biologi, care au constatat, după ce au studiat celulele mai multor specii (șoarece, cîine, cal, elefant și om), că cele cu longevitate mai ridicată posedau în același timp și cele mai bune sisteme de autoreparare a DNA-ului.

Rolul proceselor imunitare în îmbătrînirea organismului a fost bănuit încă demult. S-a observat că o serie de maladii specifice bătrîneții sînt caracterizate prin perturbări ale sistemului imunitar. O anumită boală, de pildă, manifestată

prin lipsa ereditară de coordonare a mişcărilor, ce se manifestă încă din copilărie, este caracterizată, pe de o parte, prin anomalii ale funcţiilor imunitare şi, pe de altă parte, prin simptome specifice îmbătrînirii premature, cum ar fi căderea părului.

Se ştie că longevitatea poate varia, indiferent de poziţia unei fiinţe vii pe scara evoluţiei. Astfel, anumite vertebrate trăiesc mai puţin decît unele reptile sau chiar unele insecte (există furnici a căror longevitate este de circa 20 de ani şi broaşte ţestoase care ajung la 150 sau chiar 300 de ani).

Prof. R. L. Walford consideră că nu este deloc exclus ca prin manevrări genetice să fie ameliorată longevitatea sau cel puţin să fie prevenite anumite tulburări specifice bătrîneţii. Pînă în prezent, spune el, noi cunoaştem două mijloace larg experimentate de prelungire a vieţii anumitor animale. Unul dintre ele este să se scadă temperatura corpului, ceea ce se soldează printr-un fel de încetinire a funcţiilor organismului. Rezultatele sînt de-a dreptul spectaculare, mai ales la peşti: longevitatea lor poate fi dublată sau chiar triplată. Al doilea este subnutriţia calorică. Animalul primeşte o alimentaţie săracă în calorii, dar conţinînd toate elementele nutritive esenţiale. Această alimentaţie are un efect puternic asupra sistemului imunitar, ce-şi păstrează mai multă eficacitate, împiedicînd autodistrugerea celulară la animalele bătrîne.

În ciuda acestor elemente noi, sîntem totuşi departe de a înţelege cum se leagă fenomenele imunologice şi de reparare a DNA-ului de anumite aspecte ale îmbătrînirii, cum ar fi pierderea zilnică, începînd de la anumite vîrste, a 100 000 de celule nervoase, din rezervorul de 100 miliarde pe care îl deţine creierul; întărirea arterelor, modificarea secreţiilor hormonale, reducerea capacităţii sistemelor senzoriale etc. În prezent, înţelegem însă mai bine de ce indivizii din aceeaşi specie, teoretic programaţi să aibă aceeaşi durată a vieţii, au în realitate longevităţi foarte diferite de la unul la altul. Se poate deci presupune că potenţialul de longevitate al oamenilor este mult mai mare decît se crede îndeobşte căci, dacă vrem să estimăm longevitatea potenţială a unui individ, nu trebuie să pornim de la longevitatea medie a populaţiei din care el face parte, ci, mai curînd, de la vîrsta celor ce trăiesc cel mai mult, respectiv 110—120 de ani. S-a văzut că în cazul şoarecilor, modificarea unui sin-

gur grup de gene poate fi suficientă pentru a spori sau a diminua speranța de viață. Nu este deloc exclus ca într-o bună zi omul să ajungă să trăiască acel maxim de ani la care „are dreptul", evitîndu-se totodată, inconvenientele senectuții.

2.3. BIOINGINERIA ȘI STUDIILE CELULARE

Dezvoltarea unor puternice tehnici bioinginerești au făcut ca studiile celulare să se dezvolte și să dea rezultate de mare valoare științifică și practică în domeniile: medicinii, agriculturii și biologiei generale.

— În domeniul medicinei:

Unui copil, născut fără sistem imunologic, i s-au făcut (în 1980) două transplanturi de „timus", care stimulează formarea sistemului imunologic, a limfocitelor.

Este știut că una din marile dificultăți întîmpinate în cazul transplanturilor este reacția de respingere de către organismul primitor a organului străin. În efortul de a elimina această dificultate, medicul american Thomas Starzel a pus la punct și a aplicat (începînd din 1978) o nouă metodă, nemedicamentoasă, care mărește sensibil receptivitatea organismului primitor. Ea se bazează pe funcția de apărare, exercitată de globulele albe, care combat orice agent infecțios pătruns în corpul uman. Dar globulele albe reacționează în același fel și în cazul transplantării unui țesut străin, condamnînd la eșec intervenția chirurgicală. Or, metoda omului de știință american constă tocmai în îndepărtarea — desigur, strict temporară — a globulelor albe din sînge în momentul cînd încep să apară primele indicii ale fenomenului de respingere, ceea ce, într-un anumit fel, ar reprezenta reversul cazului prezentat anterior.

În lume studiile celulare sînt strîns legate de imunologie, de fenomenele de respingere a organelor și a celulelor străine, contracararea acestor fenomene devenind principala frînă în calea transplanturilor. Specialiștii sovietici, care au realizat cu succes transplantul de cord, rinichi, ficat au anunțat (1980) și iminența transplanturilor de pancreas, ca urmare a succeselor obținute în domeniul studiilor celulare.

În S.U.A., începînd cu anul 1980, a devenit posibilă folosirea razelor lasser pentru distrugerea celulelor maligne din sîngele atins de unele maladii, pînă acum greu de tratat.

O nouă metodă de luptă împotriva cancerului, elaborată la Institutul elveţian de cercetări nucleare, a fost supusă (1979) primelor experimente clinice. Este vorba de iradierea celulelor din tumorile maligne cu „pioni", particule subatomice, ce au proprietatea de a descărca energie asupra unui punct precis. Fascicule, suficient de puternice de astfel de particule, provoacă, dacă sînt bine „ţintite", „explodarea" celulelor bolnave. Întrucît pionul pierde puţină energie de-a lungul traiectoriei sale prin ţesuturi, se reduc, în acelaşi timp, la minimum daunele cauzate ţesutului sănătos, aflat pe traiectoria particulelor.

Cercetătorii şcolii medicale a Universităţii „Washington" din St. Louis, statul Missouri, au reuşit să dezvolte o celulă producătoare de insulină care blochează mecanismul respingerii de către primitor (1979). Aceste celule, care controlează nivelul glucozei în organism, sînt produse de pancreas. Celule pancreatice, special tratate pentru a produce insulină, au fost transplantate de la şobolani sănătoşi la alţii suferind de diabet, fără ca celulele respective să fie respinse. Pînă la acest experiment, încercările de transplant de pancreas au eşuat. În cadrul experienţelor s-a constatat că, după o sută de zile de la transplant, şobolanii care au primit celulele supuse în prealabil unui proces special nu dau semne de respingere. În tot acest timp celulele au continuat să producă insulină. Înainte, celulele care nu fuseseră supuse procesului amintit erau respinse după cel mult două săptămîni. Dr. Paul Lacy, şeful echipei de cercetători, a declarat că mai sînt necesari cîţiva ani pînă cînd metoda va putea fi aplicată la oameni.

În Franţa, un bolnav de diabet trăieşte (din 1979) fără tratament cu insulină datorită grefei de celule de pancreas, realizată pentru prima dată de specialişti din Bordeaux. Pacientul, în vîrstă de 28 de ani în momentul intervenţiei, avusese o glicemie (conţinutul de zahăr din sînge) de 3,40 g‰ şi i se administra masiv insulină; tratamentul a fost suspendat cînd glicemia s-a stabilizat la 1,26 g‰. Grefonul, constituit din celule de pancreas de fetus uman care secretă insulină, a fost implantat pe muşchiul pieptului. Pentru obţinerea grefonului au fost prelevate, timp de trei ani, un mare număr de celule de la 21 de fetuşi, fiind vorba de cazuri speciale de întreruperi de sarcină.

Studiind îndeaproape animalele marine, cercetătorii de la Marine Biological Laboratory din Woods Hole S.U.A.

au putut descoperi modul de funcţionare al unor sisteme organice complexe — descoperiri care îşi găsesc aplicaţii în medicina umană. Astfel, sîngele unei specii de crab, *Limulus moluccanus*, conţine un reactiv ce permite detectarea promptă a bacteriilor prezente în sîngele uman sau în soluţiile ce urmează a fi administrate omului pe cale intravenoasă. La fel, dimensiunile neobişnuit de mari ale axonului neural al unei specii de calmar a permis, în bună parte, descoperirea mecanismului de propagare a impulsurilor nervoase. Ariciul de mare constituie tema unor cercetări asupra structurii şi chimiei celulare. Studierea pancreasului aşa-numitului peştegîscă a dus la o mai bună înţelegere a modului de funcţionare a pancreasului uman şi a cauzelor diabetului.

— În domeniul agriculturii şi biologiei generale:

Printr-o tehnică numită „clonare"* a fost posibilă obţinerea (în 1980) unui palmier „in vitro". În acelaşi an grîul a fost fecundat cu polen de secară şi tratat special, fecunditatea fiind dublă.

În nord-estul Chinei se cultivă o varietate de orez neobişnuită — extrem de rezistentă şi mai ales productivă. Numele pe care i l-au dat ţăranii, „cocoşul care face ouă", are un sîmbure de adevăr, căci acest orez nu se dezvoltă dintr-o sămînţă, ci dintr-un grăunte de polen — aşadar din celula masculină — care se poate dezvolta în eprubetă; este vorba de o plantă „haploidă" (la care numărul de cromozomi ai celulelor germinative este redus la jumătate). Metoda reducţiei cromozomiale, studiată şi pusă la punct, în cursul deceniului trecut de savanţi din diferite ţări, prezintă marele avantaj al scurtării perioadei de creare a unor noi hibrizi de la 6—7 ani, cît presupune o hibridare obişnuită, la 3—4 ani. În China au fost obţinute, în premieră, circa 20 de astfel de varietăţi de grîu, porumb, ardei, sfeclă de zahăr, varză, hevea, plop etc.

O echipă de cercetători maghiari de la Centrul biologic din Szeged al Academiei de ştiinţe a Ungariei a reuşit să realizeze, în premieră mondială, fuziunea celulară între anumite bacterii şi hibridarea unei celule umane cu o celulă vegetală. Anterior, geneticienii de la acest centru au creat celule hibride vegetale-animale sau bacteriene. Celula sintetizată cumulează

* Procesul obţinerii de indivizi identici pornind de la o celulă (fără înmulţire sexuată — în cazul mamiferelor prin consangvinizare).

proprietăţile celulelor mame, fuziunea comportînd transferul de gene. Experienţele de la Szeged demonstrează astfel posibilitatea fuziunii între celule de specii diferite. Metoda deschide largi perspective în domeniul selecţiei vegetale, recunoaşterii timpurii şi tratării unor maladii, precum şi în industrie.

Progresul studiilor celulare a fost determinat de progresul aparaturii, în general, şi al opticii electronice în particular, aşa cum vom exemplifica în cele ce urmează, precum şi în capitolul III.

Un nou microscop destinat studierii celulei vii a fost construit de specialişti de la Institutul de fizică şi Institutul de genetică moleculară din Cehoslovacia şi utilizat începînd din 1979. Aparatul permite să se obţină concomitent două imagini a două părţi diferite într-o celulă aflată în cîmpul observaţiei; cercetătorul poate vedea atît suprafaţa celulei, cît şi straturile din profunzime, ambele mărite de o mie de ori. Ele pot fi urmărite direct în ocular, fotografiate, filmate sau reproduse pe ecranul televizorului. Dacă sînt cercetate anumite procese ce se desfăşoară timp mai îndelungat, cum este diviziunea sau creşterea celulei, operaţiunea de „urmărire" poate fi automatizată, în care scop microscopul este conectat la o maşină electronică de calcul de mici dimensiuni.

Prin montarea unei instalaţii laser la un microscop, cercetătorii sovietici au realizat o serie de experienţe pentru obţinerea unor „portrete tridimensionale" ale microorganismelor. Prezentînd avantaj faţă de metodele biologice clasice, holografia oferă imagini extrem de clare referitoare la metabolismul celulelor, permite urmărirea dinamicii unor fenomene care se petrec în interiorul lor. Astfel, imaginile de acest fel ale planctonului mărilor au permis cercetătorilor să afle secretul principiului după care acesta se orientează în mediu, precum şi al luminiscenţei curenţilor marini. Cercetătorii consideră că holografia optică poate avea o mare importanţă în perfecţionarea producţiei unor substanţe şi preparate pure din punct de vedere biologic, precum şi pentru realizarea analizelor urgente în medicină.

Cercetările celulare au condus la concluzii interesante privind calităţile energetice ale celulelor, comportarea lor în condiţii de imponderabilitate etc.

Fermenţii obişnuiţi — catalizatori de albumine care accelerează reacţiile din celula vie — pot produce electricitate. Această legitate biologică a fost constatată (1979) de un grup de oameni de ştiinţă din Moscova, care au stabilit că cea mai mare parte din energia pe care o primeşte celula vie se transformă în energie electrică. În rolul de transformator apare un „generator molecular" aflat în fiecare celulă. Fluxul de electroni este transportat de fermenţi, care generează astfel curent electric.

În deceniul 7, un biochimist britanic a lansat ipoteza că absorbirea luminii de către celula vie duce, în urma unor procese chimice complicate, la formarea unui curent electric. Din lipsa unui procedeu de măsurare a potenţialului electric din celulă, confirmarea acestei ipoteze părea de domeniul imposibilului; în 1980 însă oamenii de ştiinţă sovietici au găsit metoda: un colorant introdus într-un cîmp electric modifică spectrul de absorbţie. În cazul bacteriilor, cu care s-a făcut experienţa în laborator, s-a putut constata o continuă modificare a spectrului de absorbţie, dovadă a încărcării membranei cu curent. Specialiştii sovietici au elucidat numeroase aspecte ale activităţii electrice a celulei, calculînd chiar randamentul acestei veritabile centrale electrice vii: 90 la sută. Pentru viitorul bioenergeticii, descoperirea are o mare importanţă, ea deschizînd perspectiva unor centrale electrice construite pe un principiu total nou.

În 1980 s-a descoperit calmodulinul, o substanţă care nu numai că există în toate organismele vii, fără excepţie, dar se dovedeşte a fi o parte importantă a mecanismului de funcţionare a celulelor. La om, această substanţă (din categoria albuminelor) determină astfel de funcţii cum este contractarea muşchilor. După părerea unor specialişti, descoperirea calmodulinului poate fi comparată, ca importanţă, cu descoperirea DNA-ului. Dacă DNA-ul este „motorul" celulei, calmodulinul este „cureaua de transmisie". Substanţa devine activă numai după ce intră în combinaţie cu calciul. Această pereche „calmodulin-calciu" explică relaţia, cunoscută mai demult dar neexplicată pînă acum, între cantitatea de calciu din organism şi capacitatea de contractare a muşchilor.

După cum rezultă din cercetările efectuate pînă acum de specialiştii sovietici, condiţiile zborurilor cosmice nu au o influenţă negativă asupra celulelor vii. Experimente realizate la bordul vehiculelor cosmice au arătat că imponderabilitatea nu împiedică creşterea şi dezvoltarea organismelor. De

exemplu, în cursul experimentelor efectuate cu insecte nu a fost constatată vreo influență a imponderabilității asupra ciclului lor de dezvoltare sau asupra structurii lor interne și înfățișării exterioare. Studierea structurii celulelor mamiferelor ce s-au aflat în condiții de imponderabilitate nu a evidențiat nici o deosebire esențială față de cea a celulelor animalelor ce n-au părăsit Terra. Rezultatele de pînă acum ale experimentelor permit să se presupună — consideră oamenii de știință sovietici — că, în principiu, imponderabilitatea nu reprezintă o piedică pentru desfășurarea etapelor fundamentale din viața organismelor.

În capitolul II, mai ales în 2.1, 2.2 și 2.3, am prezentat o serie de realizări bioinginerești cum sînt: obținerea genelor sintetice, transformări de gene, sintetizarea artificială a unor forme prebiotice (proteice, enzimatice etc.), precum și a unor hormoni artificiali, obținerea nașterii unor ființe, din regnul animal prin fecundarea în eprubetă, în condiții de laborator. Sînt de așteptat noi succese pe această cale, în primul rînd obținerea în laborator a celulei vii. În studiul *Originea vieții* publicat de acad. Cristofor Simionescu (1980), autorul arată că „atenția cu care este privită și încurajată cercetarea pe plan mondial asupra originii vieții întărește convingerea că pînă la sfîrșitul acestui secol se va putea obține celula vie în laborator. Școala românească este capabilă să contribuie efectiv la acest efort determinant pentru procesul cunoașterii. Desigur, mai sînt de întreprins pătrunderi în intimitatea unor fenomene, de descifrat coduri, de acționat, cu mai multă tenacitate, la frontierele dintre discipline, de explicat cum au început să se acumuleze și să se transmită informațiile de la structuri cu diferite grade de organizare ale materiei, pînă la celula vie. O recentă încercare de a lumina procesul evolutiv în imediata vecinătate a saltului calitativ — viața — aparține laureatului Premiului Nobel, Manfred Eigen. Acesta elaborează un principiu, al autoorganizării naturale a materiei, de tipul cunoscutului joc al telefonului fără fir, sub denumirea de hiperciclu. Este deci evident că punctul culminant al revoluției tehnico-științifice contemporane îl va reprezenta realizarea celulei vii în laborator. Această cauză mobilizează cele mai îndrăznețe minți, însemnate mijloace materiale, cultivă inter- și pluridisciplinaritatea, iar succesul său va decide, pe plan filosofic, victoria definitivă a materialismului dialectic."

Sînt de asemenea foarte importante şi promiţătoare cercetările experimentale întreprinse de acad. E. Macovschi pe linia transferului metabolic şi a hibridizării metabolismului la indivizi diferiţi aparţinînd aceleiaşi specii sau unor specii diferite.

2.4. BIOINGINERIA INDUSTRIALĂ. BIOTEHNOLOGIILE

În studiul intitulat *Procese revoluţionare în ştiinţă şi tehnică...*, Valter Roman, prezentînd componentele (procesele) revoluţionare în ştiinţa şi tehnica actuală arăta că dacă „mai adăugăm şi perspectivele microbiologiei, respectiv înfăptuirea pe această bază, a unei *revoluţii bioindustriale*, precum şi realizarea (e adevărat, într-un viitor mai îndepărtat) unor noi surse energetice (toate acestea într-o strînsă simbioză cu microelectronica) rezultă şi mai clar care sînt contururile viitorului, ale industriei viitorului".

Într-adevăr revoluţia bioindustrială care a determinat apariţia bioingineriei industriale a făcut ca aceasta să se bazeze, în principal pe cuceririle ingineriei genetice şi celulare şi pe reproducerea la scară industrială, în scopuri economico-productive a unor forme primare de viaţă.

Referindu-se la existenţa ingineriei ca la o disciplină ştiinţifică complexă (1977), acad. M. Florescu arăta: „Unul din aspectele principale ce sînt tratate în această ştiinţă îl constituie cel al microbiologiei industriale, adică ştiinţa de a produce şi cultiva microorganisme vii, apte să se comporte ca nişte catalizatori biologici, folosibili în dirijarea reacţiilor chimice complexe.

Cercetările făcute în acest domeniu au dat posibilitatea ca unele produse complexe chimice (antibiotice, vitamine, aminoacizi, proteine, enzime) să poată fi produse industrial cu procedee bioinginereşti, la baza cărora catalizatorul biologic, microorganismul viu să constituie unul din elementele de bază al tehnologiei.

Fapt este că, în industria chimică modernă, această direcţie constituie un domeniu de cercetare de vîrf, care se dezvoltă şi permite folosirea unor materii prime chimice sau petrochimice pentru producerea economică a unor substanţe naturale deficitare sau a unor substanţe chimice cu proprietăţi cu totul noi.

Antibioticele sînt în mare parte produse industriale prin cultivarea unor anume microorganisme apte să le sintetizeze prin sistemele lor enzimatice.

Metabolismul aminoacizilor formează unul dintre capitolele cele mai importante ale biochimiei. Prin experienţe de alimentaţie cu amestecuri de amonoacizi s-a constatat că unii sînt indispensabili creşterii animalelor tinere şi funcţionării normale a organismului adult. Aceşti aminoacizi numiţi esenţiali sau indispensabili nu sînt deci sintetizaţi de organismul animal, ci sînt luaţi de acesta ca atare din hrană.

Aminoacizii naturali sînt de răspîndire universală şi au atras atenţia în mod deosebit asupra lor, deoarece unii dintre aceştia se obţin prin hidroliza proteinelor şi sînt deci produşi naturali de cea mai mare însemnătate.

Pe baza programului de cercetare chimică pentru perioada 1976—1980, la noi în ţară s-au modernizat şi îmbunătăţit tehnologiile la acidul glutaminic şi lizină, s-au elaborat procedee şi pentru alţi aminoacizi, cum sînt: treonina, homoserina, triptofanul.

Capacitatea microorganismelor de a prelucra hidrocarburi şi de a le folosi se cunoaşte încă de la sfîrşitul secolului trecut. De atunci, cunoştinţele privind influenţa reciprocă a microorganismelor şi hidrocarburilor, care a început să se studieze sistematic ca disciplină ştiinţifică denumită „microbiologia petrolului", s-a extins permanent. Colaborarea coordonată, însă pe scară redusă, a microbiologilor şi tehnologilor în scopul aplicării în practică, în multe ţări din lume, a început să se dezvolte numai după cel de-al şaselea Congres al petroliştilor (Frankfurt 1963), unde Hampoldat a informat asupra posibilităţilor folosirii unor hidrocarburi ca sursă unică de hrană pentru dezvoltarea microorganismelor, în scopul obţinerii proteinelor concentrate, corespunzătoare pentru alimentarea animalelor şi oamenilor" [5]. Cele două congrese mondiale ale petroliştilor, care s-au ţinut după Congresul de la Bucureşti (1979), au avut în programul lor discutarea folosirii microbiologice a hidrocarburilor, arată autorul citat. Noul proces a devenit, de asemenea, obiectul unui interes crescînd în industria chimică; specialiştilor în problemele alimentaţiei, specialiştilor în agricultură şi sociologilor oferindu-le o soluţie posibilă pentru rezolvarea disparităţii în continuă adîncire între necesarul şi sursele de producere a produselor alimentare, în special albumine.

În timp ce în 1969 producția mondială de albumine era de circa 80 mil. t, la o populație de 3,5 miliarde, după prognozele oficiale O.N.U., în anul 2000, pentru o populație de 6,5 miliarde vor fi necesare minimum 160 milioane t proteine.

Se apreciază că deficitul mondial de proteine — care probabil se va menține mult timp — va putea fi compensat, cel puțin parțial, prin culturi de microorganisme (bacterii, alge, ciuperci etc.), datorită faptului că acestea se înmulțesc rapid, sporindu-și deci masa celulară pe seama unor materii prime aflate la îndemînă în cantități destul de mari: hidrați de carbon, lești de la fabricarea celulozei, gaze naturale, produse petrochimice (n-parafine, acid acetic, alcooli inferiori, metanol, etanol, gaz metan, gaze de rafinării, fracții petroliere, petrol lampant, motorină), deșeuri agricole, resturi menajere.

Obținerea de substanțe albuminoide de înaltă calitate din țiței a devenit, datorită bioingineriei, o realitate. În anul 1978 a fost inaugurată la Frankfurt pe Main, o instalație capabilă să producă anual 1 000 tone albumină, care se adaugă celor cîtorva instalații similare aflate în funcțiune în diverse țări și a căror producție este destinată, deocamdată, doar furajării animalelor. Experții își pun mari speranțe în acest procedeu, în contextul preocupărilor pentru soluționarea problemei alimentare în lume. Se apreciază că un procent infim din producția anuală de țiței ar putea acoperi necesarul de albumină al întregii planete. În procesul de obținere al albuminei rolul principal îl are bacteria denumită *Methylomonas-clara* care se hrănește cu alcool metilic, produs obținut din țiței. „Bine hrănită", bacteria crește și se înmulțește foarte repede, astfel că, în decurs de cîteva ore, ea își dublează biomasa, odată la 2 sau 3 zile putînd fi recoltată.

Vitalizarea microorganismelor naturale sau a unor specii naturale în scopuri industrial-productive este, așa cum vedem, o altă latură a bioingineriei industriale.

Conceptul tehnico-științific de bioinginerie a evoluat atît de mult încît pe lîngă biotehnologie, astăzi a început să se vorbească despre *tehnologie genetică*. Astfel, prof. vest-german Karl Winnacker, participînd la cel de al II-lea Congres Național de Chimie de la București, arăta: „Noile cuceriri ale *biologiei moleculare* pe lîngă importantele date despre structura substanței biologice, au oferit în ultimul timp posibilități pentru o intervenție în geneza acesteia. Foarte re-

pede, adică în cîțiva ani, a luat naștere un nou domeniu de activitate, tehnologia genetică, despre care azi se vorbește în întreaga lume. Persistența cu care se discută în mod public despre asemenea posibilități este un indiciu al atenției care se acordă astăzi oricărui progres științific. Din păcate, asemenea discuții nu sînt purtate totdeauna cu obiectivitate. Științele naturii și tehnica trebuie să se pună de acord cu această evoluție și să se facă înțelese într-o lume la a cărei transformare contribuie substanțial" [9].

În țara noastră, în cadrul Institutului de energetică chimică și biochimică, care face parte din Institutul central de chimie, funcționează secția de biotehnologie care dezvoltă cercetări în special în următoarele direcții principale:

1. Elaborarea unor tehnologii industriale chimice avînd la bază catalizatori enzimatici. Aceste biotehnologii sînt economice din punct de vedere al consumurilor energetice. În timp ce reacțiile chimice, în cadrul unor tehnologii clasice, decurg în condiții de temperaturi și presiuni ridicate și de valori extreme de *p*H, aceleași reacții în prezența enzimelor se desfășoară în condiții de temperaturi și presiuni mult mai scăzute.

2. Biotehnologii de producere a biomasei și de conversie a ei ca purtătoare de energie. Prin aceasta se realizează punerea în valoare a unor surse neconvenționale de energie. „În condițiile actualei crize energetice, evaluarea resurselor imense de biomasă și a capacității microorganismelor de a o transforma prin bioconversie creează reale perspective de dezvoltare a unei industrii chimice în care locul petrolului și al hidrocarburilor ca materii prime să fie luat de hidrați de carbon și proteine"*.

3. Biotehnologii de producere a hidrogenului (producerea fotosintetică a acestuia), biotehnologii de epurare a apelor uzate în procesele industriale etc.

Potențialul economic al biotehnologiilor este prezentat în fig. 10*.

În țara noastră au început să se producă proteine [5] după un procedeu japonez, iar mai recent după un procedeu românesc, care constă în prelucrarea unei emulsii de n-parafine în apă cu 1,5—2% n-parafine, emulsie în care se

* Radu Giurcă, Florica Macovei, Aurel Popa, *Biologia modernă la impactul cu tehnologia — bioingineria*, în Revista de chimie, 32, nr. 8, 1981.

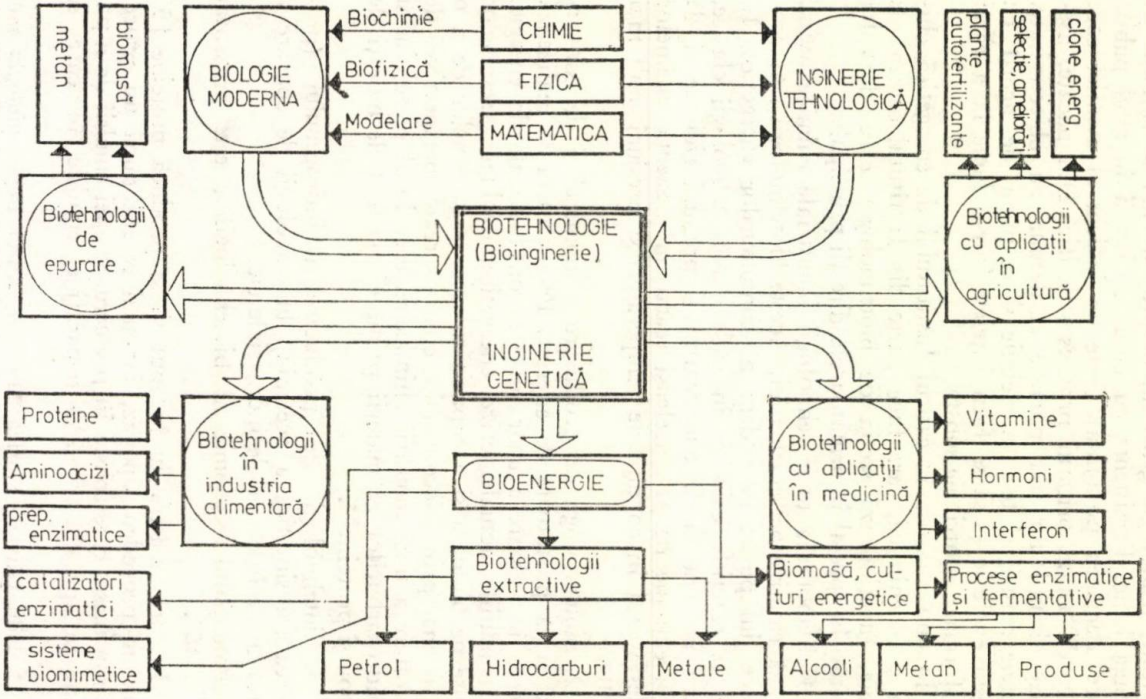


Fig. 10. — Potențialul economic al biotehnologiilor

adaugă şi o serie de elemente nutritive, cum ar fi fosfaţii de amoniu, sărurile de potasiu, magneziul, zincul, manganul, fierul în diverse proporţii, aşa încît sursa biologică inoculată în această suspensie conduce la obţinerea unei drojdii furajere cu 54—57% proteine, ce conţin întreaga gamă de acizi nucleici şi grupul de vitamine B.

Particularităţile procedeului românesc constau în caracteristicile suşei şi modul de nutriţie al acesteia. De menţionat că drojdiile furajere obţinute prin hidroliză nu depăşesc 40—48 la sută proteine, iar celelalte principii conţinute sînt inferioare celor din n-parafine.

Deocamdată, proteinele şi aminoacizii obţinuţi din surse petrochimice s-au impus doar ca o posibilă sursă de furajare a animalelor.

Institutul de cercetări chimico-farmaceutice din Bucureşti este angajat în cercetări pentru obţinerea proteinelor din metanol şi gaz metan, pentru uz zootehnic, sau pentru obţinerea proteinelor din etanol, ca înlocuitoare a şroturilor de soia, precum şi pentru eventuala obţinere a proteinelor de uz alimentar uman.

În România s-a elaborat o tehnologie pentru fabricarea enzimelor care hidrolizează amidonul şi care-şi găseşte aplicaţie mai ales în zootehnie, dar şi în industria textilă, precum şi în tăbăcărie, folosind un mediu pe bază de şrot de floarea-soarelui şi făină de porumb, iar ca microorganism producător *Bacillus subtilis*. Enzima obţinută poartă numele „Subtilaza Z".

Un alt produs enzimatic cu utilitate, de asemenea, în sectorul zootehnic, este „Celuloza-hemiceluloza". Adăugat în furajele combinate, asigură realizarea unei game mai uşor asimilabile, o creştere mai rapidă şi un consum specific mai mic de furaj pe kilogramul de carne. S-a realizat, de asemenea, celuloza-hemiceluloza pentru uz uman.

În ultima vreme pe seama proceselor biologice industriale, cum sînt cele din industria antibioticelor sau cele mai recente din industria proteinelor şi aminoacizilor, sînt foarte multe dezbateri în presa mondială. Ne referim la ceea ce s-a întîmplat cu proteinele care, în mod greşit, au fost numite „sintetice". Proteinele care se fabrică industrial nu sînt sintetice ci sînt realizate prin procese biologice. La instalaţia de produse proteice prin procese biologice, de la Curtea de Argeş, s-a luat din natură o drojdie obişnuită pentru a fi în-

mulțită și prelucrată. În alte procese tehnologice pentru a obține o proteină, s-au luat chiar produse bacteriene sau microbiene; în industrie nu se face altceva decît să se reproducă ceea ce s-a întîmplat cu milioane de ani în urmă, cînd în atmosferă a existat bioxid de carbon, gaz metan în pămînt, iar la suprafață erau aceste prime forme ale vieții, vietăți monocelulare, foarte bune și foarte curate.

Așa cum se întîmplă în lumea capitalistă, diverse interese ale trusturilor care nu descoperiseră aceste procedee, au determinat o campanie publică împotriva utilizării proteinelor fiind necesară întîlnirea, în două rînduri în ultimii ani, în cadrul O.N.U. a tuturor profesorilor și specialiștilor din domeniu care să clarifice că procedeul biologic este forma cea mai indicată de a realiza proteine. Ținînd seama că este vorba de proteina primitivă ea este, și după părerea noastră, cea mai „curată" [7].

Epoca modernă poate fi considerată o epocă a microorganismelor înmulțite de om, a detectării fenomenelor naturale în procese industriale sub control cibernetic, pentru ca să se mențină aceleași condiții de umiditate, temperatură și conținut al hranei ca și în natură, condiții care să permită înmulțirea rapidă a organismelor monocelulare proteice. În fond acesta este un proces natural (de aceea noi îl numim „inginerie biomoleculară"), după părerea noastră cu foarte mari perspective. Dealtfel, institutele noastre de cercetări au recoltat din zeci de zăcăminte de gaz metan, 126 de suțe bacteriene care se hrăneau cu gaz metan și le-au analizat, în scopul de a se găsi suța cu cea mai mare putere de înmulțire, pentru a se trece apoi la procesul industrial. În ingineria biomoleculară s-a pornit de la fenomene naturale și s-a realizat acea inginerie care să ducă la realizarea unor substanțe furajere bogate în proteină, reproducîndu-se aceleași procese bionaturale, dar prin procedee și la scară industrială [7].

Într-un număr al revistei franceze „Paris Match" (apărută la finele anului 1979), în articolul intitulat *Microorganismele în slujba civilizației moderne* se arată că globul pămîntesc va număra în anul 2000 circa 6 miliarde de locuitori. Economiștii consideră că unica soluție pentru asigurarea hranei pentru întreaga populație a globului o oferă bioindustria, bazată pe microorganismele monocelulare. Ele vor deveni ceea ce au fost aburul și electricitatea — noii „sclavi ai omului", furnizîndu-i acestuia alimente, medicamente, car-

buranți. Prin asociere cu plantele, microorganismele vor înlocui, de asemenea, îngrășămintele agricole, marcînd o nouă etapă în cadrul revoluției industriale.

Dezvoltarea microbiologiei industriale a fost impusă de o serie de factori de care omenirea a devenit mai de mult conștientă, și anume: necesitatea de a da o utilizare mai judicioasă biomasei existente (masa de materie vie animală sau vegetală); posibilitățile tehnice oferite de rezultatele cercetărilor ingineriei genetice, adică posibilitățile de a reprograma microbii prin intermediul manipulărilor genetice; necesitatea de a conserva mediul ambiant. Utilizarea drojdiilor de fermentație este o îndeletnicire străveche pentru a prepara vin, bere, brînzeturi, pîine și, mai recent, antibiotice, vitamine. Microbiologia a depășit însă acest stadiu, înregistrînd progrese fantastice. Descoperirile în genetică și enzimologie permit deja să reprogramăm și să „domesticim" microbii. Pînă acum, pentru a descoperi și pune la lucru microorganisme utile omului trebuiau găsite tulpini noi printre descendenții fără număr ai aceleiași specii. În prezent, datorită ingineriei genetice, se poate interveni în patrimoniul genetic al unui microorganism, încorporînd gene purtătoare de funcții precise.

În articolul citat se arată că este știut că omenirea este amenințată de o criză alimentară, îndeosebi de o penurie de proteine, criză ce afectează îndeosebi țările în curs de dezvoltare. Întrucît carnea este foarte scumpă, locuitorii acestor țări sînt nevoiți să se hrănească cu cereale și legume, care, evident, nu conțin proteine de origine animală. Soluția rezidă în a găsi o astfel de sursă proteică suficient de ieftină. Cercetătorii și-au propus să fabrice proteine pornind de la organisme unicelulare (bacterii sau drojdii). „Cultivate" cu mare eficiență pe un strat de petrol, aceste organisme sînt capabile să fabrice un substituit al cărnii cu un conținut proteic de 60—70 la sută. Aplicarea la scară industrială a procedeului a început în Franța în 1957. Dintr-o tonă de hidrocarburi parafinice se obțin 1,2 tone de drojdie uscată, conținînd 63 la sută proteine. Această aplicație a microbiologiei, care ar permite producția de proteine în cantități practic nelimitate, a suscitat un viu interes și mari speranțe în întreaga lume. În numeroase țări au fost înființate uzine producătoare de proteine. Din păcate, criza energetică a determinat sistarea producției de proteine bazate pe derivați ai petrolului, care costau prea scump. Dar tehnologiile respective pot fi folosite pentru a fabrica proteine pe bază de

metanol, acesta din urmă fiind extras din lemn, cărbune, gaz natural. Proteinele pe bază de metanol sînt de bună calitate și pot completa perfect rația de hrană a animalelor, fiind la fel de hrănitoare ca și făina de pește sau turtele de soia.

În Anglia, uzina de la Bellingham crește intensiv, într-un fermentator cu o capacitate de 1 500 m^3, bacteria *Methylophile methylatrope*, producătoare de proteine pentru zootehnie (Prutin).

Conform unor studii realizate de S. G. Wildman de la Universitatea din Los Angeles, conținutul tutunului în proteine comestibile are o valoare superioară proteinelor din lapte; conținutul tutunului în proteine ar putea fi de patru ori și jumătate superior celui de soia. În statul Carolina de Nord (S.U.A.) a intrat de curînd în exploatare o uzină de tratare și transformare a proteinelor din tutun. Mari companii agroalimentare, cum ar fi de ex. Coca-Cola, își manifestă interesul în acest domeniu. Se fac cercetări pentru selectarea celor mai potrivite varietăți de plante pentru cultivare, pentru tehnica de producție, metode de extragere și purificare a proteinelor etc.

Un ingenios procedeu de îmbogățire a conținutului de proteine al manioculuia fost pus la punct (în 1981) în Franța, ca urmare a unor studii desfășurate la Centrul național de cercetări științifice. Principala sursă de multiplicare a cantității de aminoacizi pe care o conține maniocul o constituie o varietate de drojdie (*Candida tropicalis*). Contrar concepțiilor de pînă acum, s-a dovedit că aceasta poate folosi amidonul ca sursă de hrană producînd aminoacizi și alți componenți. Aplicarea noului procedeu în țările lumii a treia ar permite valorificarea unei materii prime existente din abundență prin producerea unui aliment bogat în substanțe nutritive.

Alt domeniu de utilizare a microorganismelor este cel al îngrășămintelor agricole. Prin mărirea capacității plantelor de a fixa azotul din aer, agricultura ar putea renunța la îngrășămintele azotoase, fabricate în industria chimică, foarte costisitoare și poluante (cînd sînt folosite în cantități mari). Remediul îl sugerează unele plante care fixează biologic azotul din aer cu ajutorul unor specii de bacterii (vom opționa astfel pentru înlocuirea unei tehnologii chimice din sfera industrială, cu o biotehnologie ce se va desfășura exclusiv în sfera agrară).

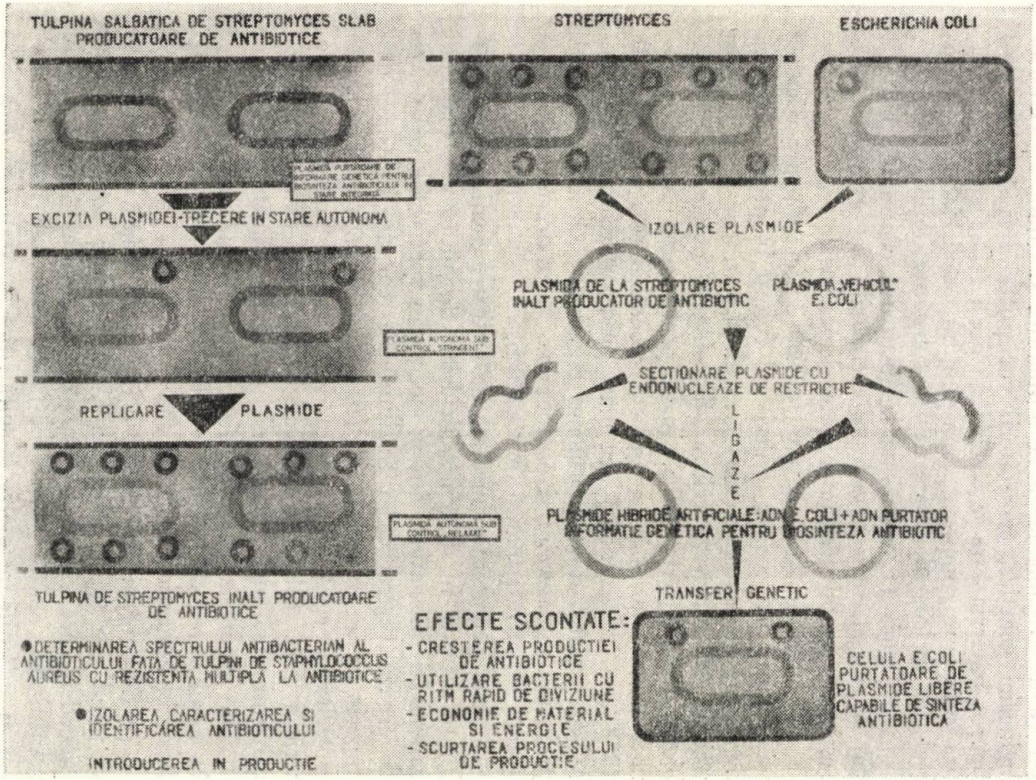


Fig. 11. — Obținerea de noi bacterii producătoare de antibiotice prin tehnici de inginerie genetică

O altă revoluție care se săvîrșește în zilele noastre este în domeniul antibioticelor și vitaminelor. Utilizînd specii selecționate de bacterii se poate obține prin fermentare, așa cum am văzut, o gamă largă de antibiotice și vitamine. Datorită ingineriei genetice, cercetătorii vor putea programa în mod riguros bacteria care le trebuie. În acest fel se vor putea realiza substanțe complexe, cum sînt hormonii, factorii imunologici și de coagulare a sîngelui, substanțe antibiotice.

În figura 11, elaborată la Institutul central de biologie din București, se pot vedea preocupările de cercetare românești pentru obținerea unor astfel de bacterii.

Pe această bază se pot fabrica vaccinuri, procedeu ce va fi mult mai economic decît cel folosit în prezent. Astăzi, de exemplu, pentru a fabrica vaccinul antihepatic, specialiștii trebuie să preleveze virusi din sîngele bolnavilor. Microbiologia va încerca să provoace proliferarea acestui virus, necesar vaccinurilor, cu ajutorul recombinațiilor genetice. În 1978 s-au consemnat patru mari premiere realizate în laborator: somatostatina (hormonul creierului), insulina umană, proinsulina șoarecelui și ovalbumina, toate acestea fiind pînă atunci sintetizate numai în organism.

Alte perspective imediate de utilizare a microorganismelor se situează în sfera insecticidelor. Se știe că cele mai mari calamități din natură sînt provocate în special de larve, care devorează vegetația. La Institutul Pasteur din Paris s-a descoperit că un anumit bacil (*Bacillus thuringiensis*) provoacă o veritabilă epidemie în masa de omizi. Pe baza acestei bacterii a fost realizat un insecticid care are avantajul că nu contaminează nici mediul, nici culturile alimentare.

În România procedee biochimice sînt utilizate cu succes în combaterea dăunătorilor utilizînd feromoni sintetici realizați în industrie (fig. 12 și 13).

Microorganismele sînt utilizate și în industria... minieră! O mină din statul american Utah produce cupru printr-un procedeu care constă în tratarea minereului cu un lichid conținînd o mare cantitate de microorganisme. Acestea transformă sulfurile metalelor în sulfați precipitabili. Din 250 000 t de minereu se obțin zilnic 150 t de cupru. În Anglia funcționează instalații similare pentru tratarea unor minereuri uranifere.

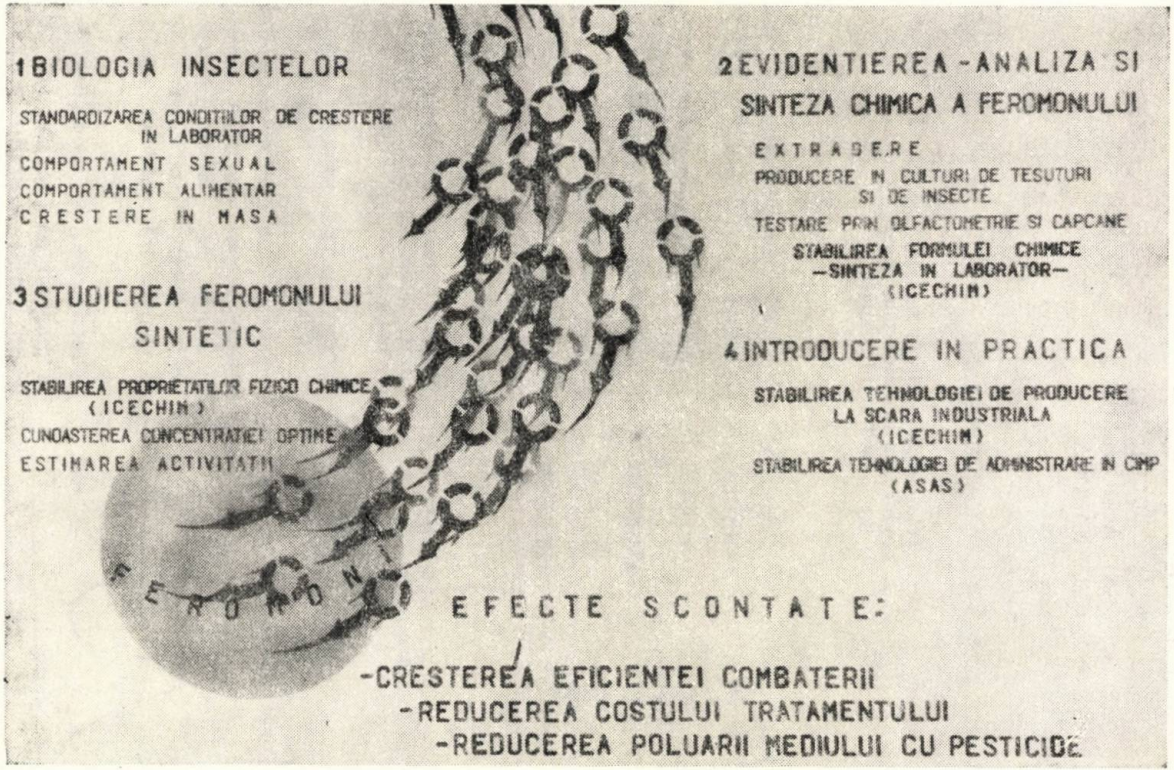
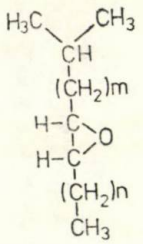


Fig. 12. — Biologia insectelor dăunătoare; utilizarea feromonilor în combaterea lor

Realizator: INSTITUTUL DE CHIMIE CLUJ-NAPOCA
Colaboratori: I.C.P.P. BUCUREȘTI
I.C.A.S. BUCUREȘTI
INST. AGRONOMIC „Dr. P. GROZA"
CLUJ-NAPOCA

FEROMONII

Tehnologii originale pentru producerea următoarelor momeli cu feromi sexuali

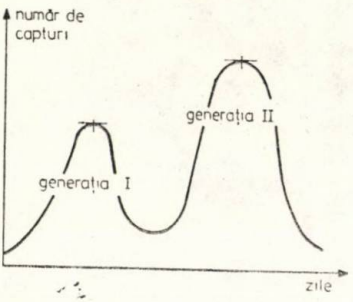


- ATRALYMON — pentru nona molidului
- ATRABUOL — pentru molia lujerului de pin
- ATRAFUN — pentru molia prunului
- ATRAMOL — pentru molia piersicului
- ATRAPOM — pentru molia mărului
- ATRALIN — pentru molia caisului

UTILIZĂRI:

Depistare-avertizare prognoza

Curba de zbor



Raționalizarea tratamentelor chimice

EFECT ECONOMIC:

reducerea cu 50—60% a consumului de pesticide folosite în pomicultură

experimentat:

la plantații de măr și prun

Combatere specifică nepoluantă

EFECT ECONOMIC:

înlocuirea completă a pesticidelor și restabilirea echilibrului ecologic

experimentat:

la plantații de prun și pin

Fig. 13. — Feromonii (limbajul chimic al insectelor)

Încă din 1980 specialiştii indieni au propus un mijloc interesant de prevenire a incendiilor în minele de cărbuni. Galeriile au fost supuse unui tratament cu o soluţie apoasă în care se aflau bacterii consumatoare de metan, a cărui concentrare este, după cum se ştie, cauza principală a incendiilor subterane. Într-o săptămînă, bacteriile au „mîncat" 15% din metanul existent în porii pereţilor. Specialiştii conchid că printr-o aprovizionare permanentă cu soluţia respectivă a minelor, acestea pot fi ferite de incendii, fără folosirea unor echipamente costisitoare.

Potrivit experienţei acumulate de către cercetătorii din domeniul microbiologiei de la Universitatea din Moscova, microorganismele care se hrănesc cu metan sînt utilizate, începînd din 1981, la purificarea aerului în minele de cărbuni.

Cercetarea ştiinţifică şi experimentarea în domeniul utilizării microorganismelor în producţia industrială se extinde pe scară largă şi în alte domenii. Rezultatele obţinute în cercetarea folosirii microorganismelor pentru separarea metalelor din minereuri, precum şi posibilităţile de a realiza microorganisme în măsură să producă hidrocarburi, deschid căi nebănuite în soluţionarea găsirii unor noi resurse energetice de materii prime de foarte mare necesitate pentru dezvoltarea bazei materiale a societăţii [5].

Cercetările româneşti întreprinse în direcţia utilizării microorganismelor la sporirea producţiei de ţiţei extras au dat rezultate deosebite: se ştie că în condiţiile tehnice cunoscute şi utilizate, din zăcămintele de ţiţei nu se putea extrage decît maximum 30% din cantitatea existentă. După cercetări intense efectuate la Institutul central de biologie, prin selectarea unor bacterii din ce în ce mai active s-au obţinut tulpini care pot determina o eliberare de ţiţei în cantităţi cu mult mai mari decît cele produse la început; prin injectarea mediului cu bacterii în diferite zăcăminte (la sondele din Băicoi, Vaţa, Suţa-Seacă) s-au obţinut producţii suplimentare de ţiţei de pînă la 50%. O sondă din schela Băicoi care, în condiţii obişnuite de extracţie, producea o tonă pe zi, după injectarea cu bacterii a produs 1,4—1,5 tone pe zi. Soluţia de injectare (inoculul bacterian) este foarte ieftină, fiind realizată dintr-un produs industrial secundar*. Deci, o metodă originală (însu-

*G. Zarnea, *Microorganismele, ingineria genetică şi viitorul biotehnologiilor*, în vol. de comunicări al Conferinţei naţionale de microbiologie industrială, Bucureşti, 1981.

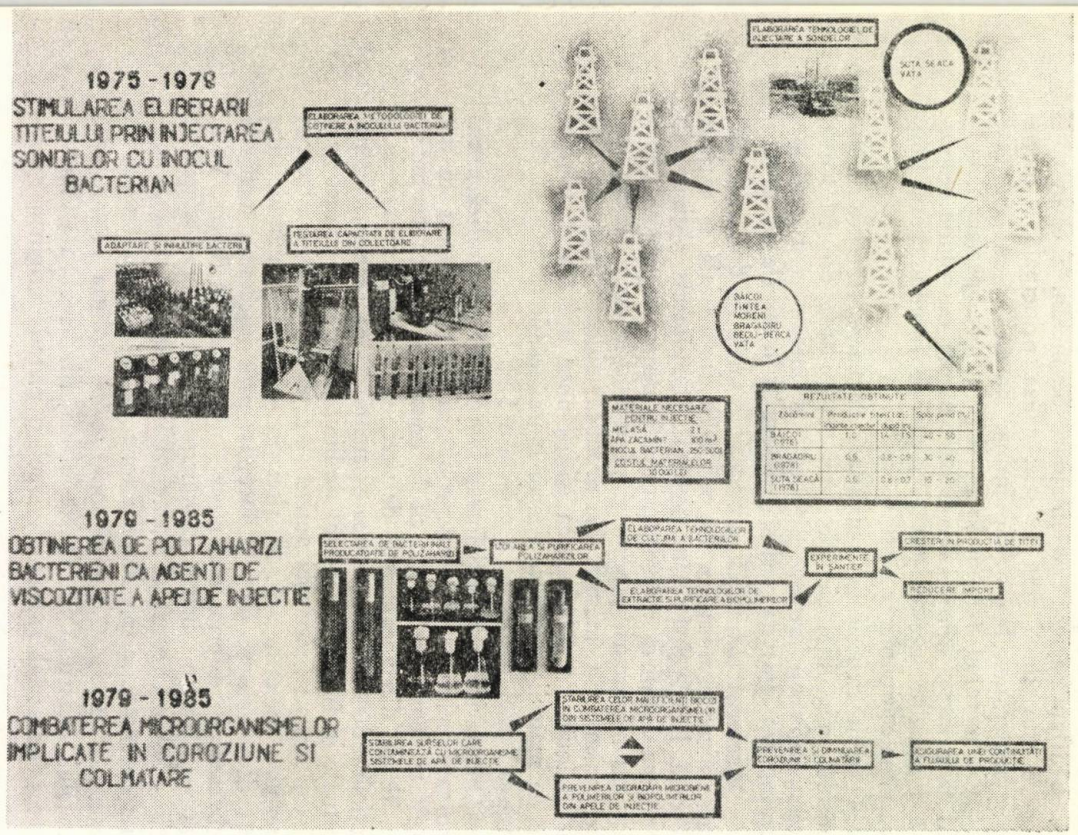


Fig. 14. — Microorganismele și creșterea recuperării țițeiului

mînd şapte brevete de invenţii şi inovaţii), ieftină, care nu necesită investiţii sau instalaţii speciale şi poate fi aplicată foarte uşor de muncitorii din schelă. Aceste cercetări, efectuate pentru prima dată în ţară, au pus bazele unui domeniu nou al microbiologiei aplicate, în care cîştigul industriei extractive de ţiţei reprezintă un început deosebit de promiţător, care a şi declanşat cercetări şi aplicaţii complexe aşa cum se vede din fig. 14.

Pe lîngă metodele curente, termice şi chimice, de injectare cu soluţii de substanţe tensioactive, cu polimeri, gaze etc., biologia este chemată să joace un rol activ, prin realizarea acelor microorganisme capabile să determine recuperarea ţiţeiului în zăcămintele din care prin nici o altă metodă clasică nu se mai putea extrage nimic. Astăzi este evidentă tendinţa, pe plan mondial, de înlocuire, în scopul creşterii gradului de recuperare a ţiţeiului din zăcăminte, a polimerilor cu biopolimeri.

Pînă nu de mult biopolimerii se produceau numai în cîteva ţări cu tehnică dezvoltată. Începînd din 1979, cercetările româneşti s-au intensificat în direcţia obţinerii de biopolimeri pentru creşterea factorului final de recuperare a ţiţeiului din sonde cu producţie redusă. În colaborare cu Institutul de cercetări — proiectări pentru petrol şi gaze din Cîmpina, laboratorul de microbiologie al Institutului central de biologie a înregistrat rezultate bune cu tulpinile de microorganisme înalt producătoare de biopolimeri. S-au realizat medii de fermentaţie foarte ieftine, cu un înalt grad de transformare a sursei de carbon (melasă, glucoză) în biopolimeri.

În ceea ce privesc avantajele biopolimerilor faţă de polimerii sintetici utilizarea lor va influenţa creşterea factorului final de recuperare a ţiţeiului de la 30—31% (cît este în prezent), la peste 45% [34].

În lume, bioingineria industrială are cîmp larg de aplicaţie şi se dezvoltă vertiginos.

Astfel, în R.F. Germania de problemele privind dezvoltarea acestui domeniu se ocupă Societatea de cercetări biotehnologice din Braunschweig. Sarcinile acestei societăţi sînt deosebit de complexe, în condiţiile vertiginosului progres pe care îl cunoaşte în prezent biologia. Zilnic sînt descoperite noi adevăruri ştiinţifice care pot fi valorificate, graţie biotehnologiei, în medicină, tehnologia alimentară sau tehnica generală. Un exemplu în acest sens îl constituie o serie de

enzime pentru obținerea cărora societatea a pus la punct un număr de procedee care sînt utilizate în domenii atît de diferite, ca analiza alimentară sau genetica, care cu cîțiva ani în urmă erau necunoscute sau nu puteau fi izolate.

Mulți oameni de știință aplică termenul de biotehnologie la toate formele de utilizare controlată a microorganismelor, culturilor de celule vegetale sau animale sau a unor enzime izolate în vederea elaborării de procedee de obținere a materiilor naturale, de transformare sau descompunere. Uneori, biotehnologia este definită într-o accepție și mai largă fiind extinsă și asupra unor procedee care țin de alte discipline (cum ar fi folosirea unor anumite enzime în tehnologia alimentară). Necontroversat este caracterul interdisciplinar al acestei ramuri de cercetări care își găsește expresia în cooperarea strînsă dintre microbiologi, chimiști, ingineri și în cadrul societății amintite. Numitorul comun al activității de cercetare și asimilare desfășurate de societate este obținerea, cu ajutorul potențialului biosintetic al celulelor vii, pe cale biotehnologică, a unor substanțe care nu pot fi deloc realizate de către chimiști sau numai în condiții neeconomice. Printre aceste materii naturale se numără materii farmaceutice sau chimice de bază, proteină microbiană sau diferiți aminoacizi care pot servi la asigurarea bazei alimentare, precum și substanțe pentru cercetările biologico-medicale. Dintre sarcinile actuale de cercetare sînt de menționat:

— obținerea de proteine microbiene;

— procedee de sinteză a aminoacizilor, a unor substanțe importante din punct de vedere farmacologic de felul produșilor intermediari ai vitaminei B 12, antibiotice și glicolipide interesante sub raport tehnic;

— tehnologia enzimelor, în special procedee de obținere a enzimelor;

— proiectarea de bioreactoare și investigarea unor procese ca de exemplu schimbul de gaze;

— tehnica procesuală, optimizarea și controlul proceselor cu ajutorul ordinatorului, probleme ținînd de tehnica de măsurat și reglaj a proceselor biotehnologice;

— cercetări privind metabolismul energetic al microorganismelor, diferențierea și divizarea celulelor animale sau rolul proteinelor din nucleul celulei în diferențierea celulelor vegetale sau animale;

— elaborarea unor procedee de izolare;

— lucrări referitoare la ingineria genetică la nivelul microorganismelor, adică obținerea unor varietăți de producție interesante sub aspect biotehnologic.

Societatea menționată dispune de condiții necesare pentru a efectua investigații în vederea elucidării structurii substanțelor nou descoperite incluzînd difracția radiațiilor Röntgen și microscopia electronică. Un sistem combinat de calculatoare de capacitate medie stă la dispoziție pentru operațiile de calcul. Toate lucrările la scară semitehnică, atît procese de fermentare, cît și procedee de izolare a materiilor naturale din soluții de cultură sau din celule, pot fi executate la institutul de biotehnică al societății.

Se utilizează cu precădere microorganisme ca bacterii și drojdii și numai în mică parte culturi de celule vegetale. Societatea de cercetări biotehnologice și-a fixat însă drept obiectiv principal într-un viitor apropiat obținerea de substanțe interesante, din punct de vedere farmacologic sau medical, și pe bază de culturi de celule animale și vegetale. În

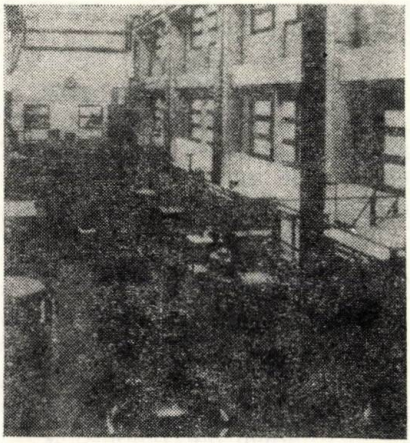


Fig. 15. — În bioreactoarele cu capacitate de pînă la 5 000 de litri au loc procese complexe de fermentare

acest scop au fost create secții și echipe de lucru corespunzătoare. În doi ani (1976—1977) au fost brevetate peste 20 de proiecte încheiate care țin de domenii atît de diferite, cum sînt sporirea producției de țiței cu ajutorul substanțelor obținute pe cale microbiană, proiectarea de aparate de măsurat

şi analiză sau obţinerea de enzime pentru scopuri de cercetare.

O parte din aceste rezultate au găsit între timp aplicaţii în practică. Parte din enzimele izolate sînt produse, în prezent, la scară industrială, ca urmare a transferului tehnologic de la societatea de cercetare în sfera industrială. În curînd va fi construit un aparat de analiză microbiologică după o licenţă a societăţii. Alte procedee printre care o metodă modernă de izolare a enzimelor la scară mai mare au fost şi ele transferate industriei.

Societatea de cercetări biotehnologice din R.F. Germania îşi îndeplineşte astfel rolul de verigă între cercetările universitare şi cele industriale, contribuind la elaborarea de soluţii în domeniul biotehnologiei, ramură aflată într-o impetuoasă dezvoltare [10].

Dar progresul biotehnologiilor este larg diversificat.

O fibră textilă naturală pe bază de celuloză, care însă nu este obţinută din plante industriale (bumbacul, inul sau cînepa), constituie obiectul cercetării oamenilor de ştiinţă americani de la Universitatea din Carolina de Nord. Ei anunţau în 1981 că o asemenea fibră ar putea fi obţinută cu ajutorul bacteriei *Acerobacter xylinum*, întîlnită în natură pe fructele aflate în putrefacţie. Bacteria prezintă particularitatea de a secreta, prin grupuri de cîte trei pori, fibre lungi dintr-o celuloză foarte pură — un produs secundar al metabolismului acestui organism. Fiecare bacterie produce astfel de fascicule de cîte trei fire care se unesc într-un „şnur" de 3,5 nanometri (0,0000035 mm). „Producţia" zilnică este de trei milimetri. Materialul textil sau hîrtia obţinută din materialul „tors" de bacterie sînt, oricît de subţiri ar fi, extrem de rezistente, din cauza purităţii deosebite a celulozei respectivelor fibre.

Morris Weiman şeful laboratorului de chimie aplicată al Universităţii din Toronto (Canada) a declarat, la începutul lui 1981, că poate fi obţinut un combustibil lichid din... aer, mai precis din oxidul de carbon existent în aer. În acest proces, rolul de bază îl joacă un anumit gen de bacterii şi se desfăşoară în două etape. Iniţial, microorganismele, sub acţiunea razelor solare, „extrag" din atmosferă oxidul de carbon, transformîndu-l în zahăr, iar apoi alte tipuri de bacterii îl transformă în combustibil sau în materie primă pentru obţinerea acestuia. M. Weiman consideră că peste puţini ani această metodă îşi va putea găsi o aplicare industrială.

Un nou produs din categoria biocidelor a fost creat pentru a desemna o recentă realizare a chimiştilor de la „I.C.I.". Este vorba de o nouă grupă de substanţe capabile să controleze dezvoltarea microorganismelor a căror prezenţă în viaţa şi activitatea omului poate produce pagube însemnate. După

Fig. 16. — Microorganisme văzute la microscop.

cum informează specialiştii britanici, biocizii au deja numeroase aplicaţii specifice şi rentabile în industria de pielărie, alimentară, a celulozei şi hîrtiei, în cea textilă etc.

O inventariere a microorganismelor din Marea Caspică, care participă la autoepurarea apei, a fost realizată de cercetători ai Academiei de ştiinţe a R.S.S. Kazahe. Peste 100 de specii de microorganisme capabile să descompună petrolul sau alte substanţe poluante — adevăraţi „sanitari" ai mării — au putut fi identificate, unele dintre ele chiar la adîncimi de 700 de metri. Cea mai activă s-a dovedit a fi o ciupercă microscopică, ce depăşeşte în eficienţă toate bacteriile cunoscute şi utilizate în neutralizarea mareelor negre.

Se cuvine menţionat faptul că bioingineria (metodele, tehnicile şi procedeele ei) are largi aplicaţii şi în ecosisteme.

La noi, cercetarea, pe linie microbiologică, cu orientare către domeniul biotehnologiei pentru protecţia naturii, a obţinut succese importante, aşa cum vom exemplifica.

Premiul Academiei R.S.R. pe anul 1976 pentru Biologie precum şi unul dintre premiile pentru Creaţie ştiinţifică din 1979 au recompensat studiile de enzimologie aplicată ale dr. Horst D. Schell, de la Institutul de ştiinţe biologice din Bucureşti; pentru prima dată în ţara noastră, cercetătorul bucureştean a reuşit să fixeze, să imobilizeze enzime pe un suport macromolecular. Principalul avantaj al acestor preparate enzimatice insolubile constă, comparîndu-le cu enzimele libere, în posibilitatea folosirii lor repetate atît în cercetarea fundamentală şi aplicativă, cît şi în unele procese teh-

nologice. Un domeniu recent de utilizare al enzimelor imobilizate îl constituie controlul calității apelor [35].

Folosirea plantelor în cadrul stațiilor de epurare a apelor uzate, orășenești și industriale, constituie un element de mare interes științific și aplicativ, care demonstrează posibili-

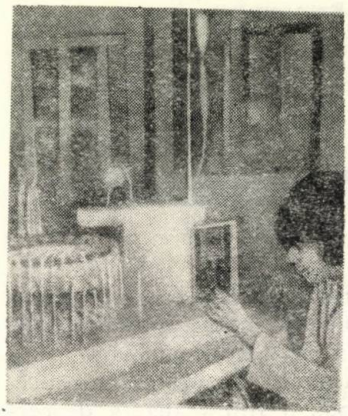


Fig. 17. — Aparatură utilizată în studii enzimatice la Institutul de științe biologice din București

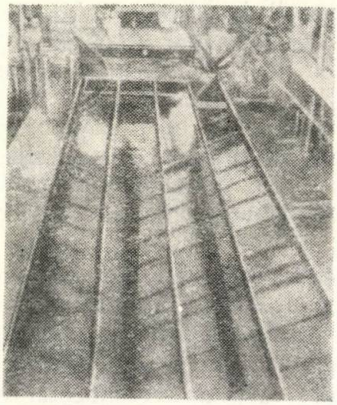


Fig. 18. — Instalația românească de epurare biologică a apelor

tățile largi pe care procedeele bioinginerești le au și în protecția ecosistemelor. Studiile inițiate de un colectiv condus de dr. Marioara Godeanu de la Institutul de științe biologice din București, au contribuit la stabilirea de noi tehnologii pentru epurarea biologică (unele rezultate obținute pînă în anul 1980 au și fost brevetate), precum și la mai buna cunoaștere

și stăpînire a mecanismelor intime prin care apa se purifică cu ajutorul plantelor. Folosind aceste date la construirea unor instalații s-au obținut randamente sporite la epurare, reducerea consumului de energie electrică, micșorarea substanțială a spațiilor afectate (în comparație cu soluțiile curente), precum și un înalt grad de puritate a apelor epurate. Rezultatele obținute au fost premiate în cadrul festivalului național „Cîntarea României", pentru creația științifică și tehnică originală implicată.

Schema de principiu a procedeului respectiv și a efectelor sale pozitive sînt redate în fig. 19.

În România, în luna iunie 1981, un număr de orașe aveau producții de biogaz în stațiile de epurare a apelor. Soluția tehnică pentru stațiile de biogaz ale marilor ferme zootehnice este demonstrată pe instalația-pilot de la Periș cuplată la o fermă de porcine de 5 000 capete; la Întreprinderea de sere „30 Decembrie", județul Giurgiu, funcționează o instalație industrială. Valorificările din stația de la Periș au confirmat tehnologia adoptată.

S-a elaborat un proiect directiv pentru construirea de instalații de producere a biogazului la complexe de 50 000 de capete porcine, pe baza căruia s-au elaborat proiecte de execuție pentru 10 asemenea instalații, fiind deja deschise și în execuție șantierele în unitățile respective.

Existența celor 17 instalații de biogaz cuplate la stațiile de epurare a apelor orășenești, la mijlocul anului 1981 produceau un echivalent energetic de 5 500 t.c.c./an. Numărul lor va crește, astfel că în întreg cincinalul 1981—1985 aportul lor energetic total va fi de circa 160 000 t.c.c.

Instalația de biogaz de la Prundu-Pitești funcționează încă din 1973, obținîndu-se economii de multe milioane de mc în gaze de sondă.

În 1981 a intrat în funcțiune o unitate similară de la stația de epurare din Curtea de Argeș, în județul Argeș existînd deja 20 de instalații de biogaz, atît în cadrul unor colectivități (S.M.A., școli), cît și în gospodării personale, utilizîndu-se zilnic circa 4 500 mc biogaz.

În domeniul energiei, cercetările biotehnologice se orientează îndeosebi spre producerea de combustibili (biogaz) și alcool pornind de la resturile agricole sau menajere. În Uniunea Sovietică funcționează 35 de fabrici de transformare a celulozei în alcool, iar o parte din autoturismele „Volkswagen" fabricate în Brazilia folosesc alcoolul drept carburant.

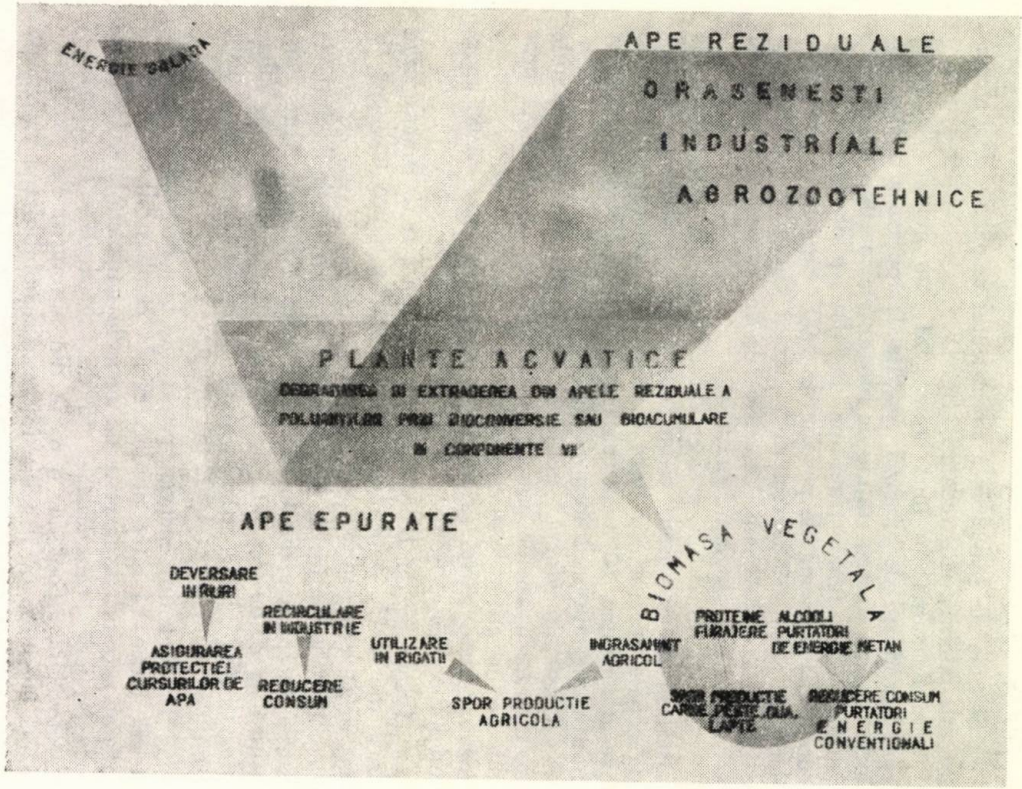


Fig. 19. — Epurarea apelor reziduale cu ajutorul plantelor acvatice

Dacă omul va reuşi să transforme toate deşeurile agricole şi forestiere în alcool, energia nu va mai constitui o problemă întrucît cantitatea de biomasă de care dispune Terra este de o sută de ori mai mare decît cea de petrol.

În lume se dezvoltă astăzi tehnologii avansate din punct de vedere economic şi tehnic, pentru obţinerea şi utilizarea biogazului ca alternativă la criza energetică mondială.

La Rio de Janeiro a avut loc (1981) un simpozion internaţional privind biogazul ca sursă energetică pentru ţările în curs de dezvoltare. În cadrul lucrărilor s-a subliniat că în ţări ca India, Brazilia biogazul este utilizat pe scară din ce în ce mai largă, ceea ce asigură economii importante de materii prime energetice tradiţionale. În Brazilia, de pildă, existau 575 biogeneratoare, în viitorii cinci ani urmînd să se treacă la realizarea unui program complex de sporire a producţiei de biogaz, pentru valorificarea resurselor potenţiale importante existente în această ţară. În scopul realizării programului vor fi investiţi peste 350 milioane cruzeiros, sumă care, potrivit specialiştilor, va fi amortizată într-un termen scurt.

Pe străzile oraşului brazilian Rio de Janeiro circulă autobuze cu motor diesel, alimentate în proporţie de 30 la sută cu ulei de arahide, restul fiind motorină obişnuită. Ideea în sine nu este nouă, Rudolf Diesel, creatorul motorului cu ardere internă căruia i-a împrumutat numele, a prezentat, încă în 1900, la expoziţia internaţională de la Paris, un mic motor alimentat cu ulei vegetal.

În Brazilia există un copac al cărui lichid poate fi pus direct în rezervorul unei maşini şi folosit drept combustibil. Deşi exemplul dat este probabil cel mai spectaculos este vorba numai de una din numeroasele specii de plante cercetate care pot fi considerate posibile surse de hidrocarburi şi de materii prime chimice.

Savantul Melvin Calvin, laureat al Premiului Nobel pentru cercetările sale în domeniul fotosintezei, consideră (1981) că aceste plante încă neexploatate ar putea acoperi, pînă la sfîrşitul secolului, o parte importantă a cererii mondiale de energie. Acest lucru s-ar putea realiza, apreciază el, prin folosirea terenurilor în general neproductive.

Cercetările lui M. Calvin au fost îndreptate în găsirea unor plante care să dea o substanţă aptă de a fi prelucrată într-un mod similar cu ţiţeiul: la ferma sa din nordul Californiei a descoperit specia *Euphorbia lathyris*, care ca şi ar-

borele de cauciuc, produce latex, o emulsie lăptoasă de substanţă hidrocarburică în sevă apoasă.

Deşi ulterior au fost cercetate un mare număr de specii de plante, totuşi *Euphorbia lathyris* şi o specie înrudită — *Euphorbia tiracalli* — par cele mai promiţătoare pentru realizarea a ceea ce Calvin denumeşte „uzinele verzi". Materia primă a „uzinei verzi" ar constitui-o substanţele vegetale uscate, recoltate mecanic. Acestea ar fi tratate cu un solvent chimic, care ar dizolva orice substanţă hidrocarburică. Rezidul ar putea apoi să fie tratat cu un alt solvent, obţinîndu-se zaharuri fermentabile. Rezidul lemnos obţinut în urma acestui proces ar putea fi folosit drept combustibil, ca şi melasa rămasă în urma prelucrării trestiei de zahăr. O parte din aceste reziduuri ar furniza căldura pentru a recupera solvenţii prin distilare.

M. Calvin apreciază că din 1 000 t de substanţe vegetale ar fi posibilă obţinerea a 80 t de hidrocarburi şi a 260 t de zahăr, rămînînd aproximativ 200 t de reziduuri tip melasă, chiar după recuperarea solventului. Dacă zahărul este fermentat, se pot obţine 100 t de alcool. Totalul de energie obţinută în acest mod ar fi de peste 9 000 de milioane B.T.U. (British Thermal Unit) la 1 000 t de material din plante.

Cercetătorii au efectuat experienţe de extragere a ţiţeiului din *Euphorbia lathyris*. Printr-un proces de cracare catalitică utilizat la petrolul brut se poate obţine o gamă largă de produse chimice. De aceea, industria chimică ar putea fi prima care să exploateze „uzinele verzi".

Un alt motiv pentru care industria chimică ar putea fi interesată îl constituie posibilitatea de a se descoperi noi substanţe active din punct de vedere biologic. M. Calvin consideră că în *Euphorbia lathyris* ar putea exista o substanţă care ar forma baza de preparare a unui medicament aplicabil în unele tipuri de terapie a cancerului.

În ultimii ani, M. Calvin a călătorit mult, discutînd conceptul de „uzină verde" cu oficialităţi guvernamentale şi cu companii particulare din diverse ţări care au necesităţi energetice diferite, cum ar fi Spania, Filipine, Japonia şi Australia. El a putut constata un interes vizibil faţă de ideea „uzinelor verzi" chiar în ţări care nu sînt lipsite de resurse de energie, cum este Australia.

În Australia există o fîşie de pămînt — la vest de marele lanţ de munţi ce străbate ţara — care, cultivată cu „plante energetice", ar putea produce 2 500 milioane de barili de

petrol anual. Cultivarea unor plante selectate ar putea dubla productivitatea; deoarece mecanismul biologic de producere a hidrocarburii este relativ simplu, tehnicile de inginerie genetică ar putea îmbunătăți și mai mult randamentul. Suprafețe întinse de teren semiarid și o cantitate îndestulătoare de căldură solară pare să fie aproape tot ceea ce este necesar pentru crearea „uzinelor verzi".

Izma pădurilor, susaiul, neghina, sînziana de grădină, plantele cu suc lăptos pot servi la fabricarea de hidrocarburi, capabile să înlocuiască petrolul — afirmă un chimist american din statul Illinois. Începînd din 1978—1979 mai multe societăți americane se interesează de aceste plante, considerate îndeobște ca banale buruieni; s-au întreprins unele studii asupra rapidității cu care cresc asemenea plante, asupra terenurilor pe care se dezvoltă mai bine etc.; a reieșit că de pe o jumătate de hectar acoperit cu plante cu suc lăptos, specifice deșertului, se pot extrage 10 barili de petrol, la 17—20 dolari barilul, față de circa 34 de dolari cît este acum.

Din alge se poate extrage un combustibil lichid; cercetătorul australian, dr. Curtain, consideră că o cultură intensivă de alge, de pildă, în laguna de coastă australiană, este simplu de realizat, ieftină și ar putea mări astfel „depozitul" de combustibili lichizi.

După prelucrarea producției mondiale de struguri rămîn 40 milioane tone de tescovină. Valoarea ei calorică întrece pe cea a lemnului, aflîndu-se între cea a cărbunelui brun și a antracitului. Cercetătorii au găsit în tescovină drojdii, alte ciuperci și bacterii care, consumînd zaharurile rămase în tescovină, eliberează energia. Temperatura din centrul unei grămezi de tescovină se ridică pînă la 80°C. În Austria se fac, începînd din 1981, cercetări urmărind valorificarea potențialului energetic al tescovinei.

În condițiile penuriei crescînde de energie, centrele de cercetări agricole din Franța au elaborat, cu mulți ani în urmă, studii și au pus la punct metode de transformare a biomasei în combustibil, și de captare a energiei rîurilor mici și a radiațiilor solare. Aria noilor resurse se întinde de la cultivarea sfeclei pentru alcool, cu care vor fi umplute rezervoarele camioanelor, și pînă la lucrări menite să extragă metanul din paie, deșeuri forestiere și gunoi de grajd. În acest sens s-a propus organizarea în mediul rural de cooperative de producere și de distribuire a biogazului. Întrucît s-a observat că se pierd calorii prețioase prin incinerarea deșeurilor din

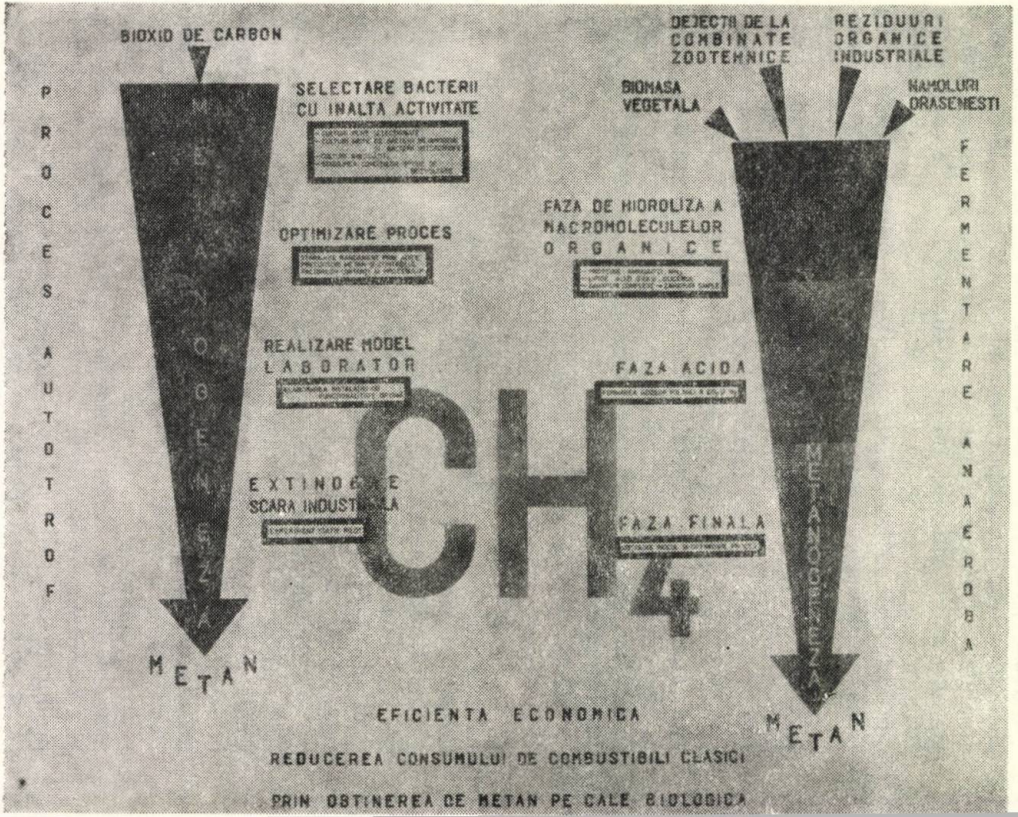


Fig. 20. — Obținerea metanului pe cale biologică

sate și orașe, au început să se pună la punct procedee de recuperare a acestor calorii și de folosire a cenușii ca materie fertilizantă.

Procedee de obținere a metanului pe cale biologică sînt indicate în fig. 20 elaborată la Institutul central de biologie din București.

Ministerul Industriei și Comerțului din Japonia și Agenția resurselor și energiei au elaborat (1981) un amplu program de transformare a biomasei în combustibil. Planul prevede, între altele, transformarea plevei de orez în alcool, pe calea fermentației; în acest scop vor fi construite centre de prelucrare, pe lîngă cooperativele agricole, ceea ce va avea avantajul suplimentar de a economisi prețul transportului. În fiecare an cantitatea de pleavă de orez nefolosită se ridica la 2,5 milioane tone; transformată în alcool, această cantitate ar reprezenta 550 000 kilolitri de carburant, adică 2% din benzina consumată în fiecare an în Japonia. Există însă și alte surse vegetale de combustibil. S-a calculat că anual în Japonia se pot colecta 76 milioane de tone de paie și pleavă de orez, trestie de zahăr, deșeuri de lemn și alte plante. Dacă toate aceste deșeuri ar fi transformate în alcool, s-ar obține o producție echivalînd cu 5,5 milioane kilolitri de benzină, ceea ce reprezintă 20 la sută din consumul anual al Japoniei.

În încheierea acestor exemple, menționăm că toate procedeele de obținere a energiei din biomasă trebuie considerate, după părerea noastră, ca aparținînd domeniului bioingineriei industriale.

2.5. BIOINGINERIA AGRO-ZOOTEHNICĂ

Bioingineria agro-zootehnică ar putea fi considerată ca fiind acele aplicații inginerești în domeniul genetic și celular, vegetal sau animal în scopul creării unor soiuri noi, mai utile sau mai productive, a stimulării soiurilor existente sau a îmbunătățirii performanțelor lor de utilitate economico-productivă.

În această ordine de idei, considerăm ca foarte interesant să ne referim mai întîi la preocupări și rezultate meritorii obținute în țara noastră, ca urmare a preocupărilor oamenilor din domeniul științelor și producției agro-zooveterinare, stimulată permanent de sprijinul și îndrumarea partidului și statului. În programul-directivă de cercetare științifică, dez-

voltare tehnologică şi de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 şi direcţiile principale pînă în anul 2000, se arată că: „O mare mare însemnătate are, de asemenea, investigarea ştiinţifică a structurii intime a materiei vii, a caracteristicilor biologice ale plantelor şi animalelor, în vederea stăpînirii proceselor de ameliorare a acestora" [3].

În domeniile menţionate s-au obţinut, în ştiinţa şi practica românească multe succese, din care vom prezenta cîteva.

În ţara noastră, în anul 1979, s-a anunţat că, utilizînd tehnici moderne de inginerie genetică, colectivul de inginerie genetică bacteriană a elaborat procedeul de fixare biologică a azotului în sol, ceea ce va uşura mult, tehnic şi financiar, fertilizarea solului (va avea drept consecinţă o creştere a eficienţei producţiilor agricole şi o reducere corespunzătoare a cantităţilor de îngrăşăminte cu azot încorporate în sol). Se cunoaşte că, prin tehnici utilizate în lume, cele mai importante simbioze pentru producţia agricolă sînt între leguminoase şi bacteriile fixatoare de azot de genul *Rhizobium*. Aceste bacterii, care trăiesc în sol, pătrund în rădăcinile leguminoaselor, unde formează nodozităţi şi unde se dezvoltă. Rhizobiumul fixează azotul din atmosferă, iar amoniacul format pe această cale este apoi utilizat de plantă pentru propria sa dezvoltare. Se apreciază că această simbioză permite fixarea unei cantităţi de azot de ordinul a 40—400 kg la hectar, în funcţie de plantă şi de sol. Plantele care nu posedă proprietăţi simbiotice similare cu cele ale leguminoaselor şi care reprezintă de fapt majoritatea speciilor vegetale utile, cum sînt porumbul, grîul, orezul, cartoful, sfecla, rapiţa, ar putea dobîndi această însuşire prin crearea de simbioze asociative, adică a unei asociaţii bacterie-plantă, ceea ce ar duce la economisirea unor mari cantităţi de îngrăşăminte chimice.

În cadrul Institutului central de biologie şi a altor instituţii specializate sînt utilizate tehnici de inginerie genetică pentru obţinerea a noi bacterii fixatoare de azot, aşa cum se vede în fig. 21.

În septembrie 1980 prin cercetări de inginerie genetică s-a realizat un porumb-hibrid, care cultivat în cadrul gospodăriei agricole din comuna Diniaşi a dat o producţie de 20 mii kg/ha porumb, hibridul respectiv fiind considerat, atunci, ca cel mai productiv din lume.

În cuvîntarea la cel de al II-lea Congres al consiliilor de conducere ale unităţilor agricole socialiste, al întregii ţărănimi, din 19.II.1981, tovarăşul Nicolae Ceauşescu menţiona

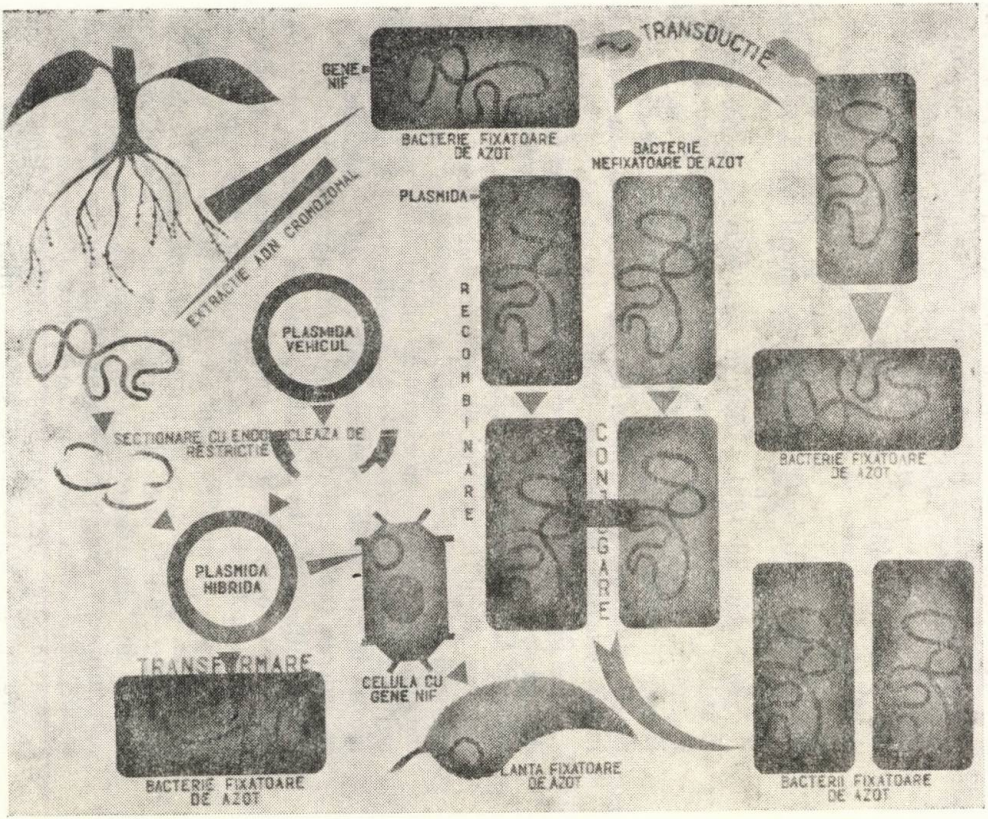


Fig. 21. — Obținerea de noi bacterii fixatoare de azot prin tehnici de inginerie genetică

că: „Înfăptuirea unei profunde revoluții, dezvoltarea și modernizarea susținută a producției agricole presupun realizarea unei puternice revoluții în activitatea de cercetare, de introducere și generalizare a progresului tehnic în întreaga agricultură", arătînd că pentru a se elimina rămînerile în urmă în domeniul cercetării biologice (genetice), este necesară mobilizarea, pe baza unui program, a tuturor forțelor din domeniile respective, în vederea intensificării activității pentru „... rezolvarea unor probleme teoretice și practice de cea mai mare importanță pentru modernizarea agriculturii noastre și ridicarea randamentului producției agricole, vegetale și animale". Astfel se va ajunge la „creșterea contribuției cercetării din domeniul biologiei și geneticii la efortul permanent de ameliorare a tuturor soiurilor de plante și raselor de animale, pentru a ne situa, în cel mai scurt timp, în aceste direcții, la nivelul celor mai bune realizări ale agriculturii și zootehniei pe plan mondial" [4].

În cincinalul 1981—1985 în țara noastră se vor realiza și utiliza și produse biologice pentru combaterea dăunătorilor în culturi. Este vorba de prădători de dăunători care vor fi lansați în culturile invadate de aceștia. Procedee de bioinginerie în combaterea dăunătorilor sînt cercetate sau utilizate într-o serie de alte țări ale lumii.

În fig. 22 sînt date tehnici de culturi celulare pentru crearea de noi genotipuri studiate la institute românești îndrumate de Institutul central de biologie.

În cadrul Institutului de cercetări științifice în domeniul biologiei de la Tihany (Ungaria) s-a reușit să se confecționeze din fibre de sticlă electrozi atît de subțiri, încît pot fi implantați în celulele insectelor. Această realizare se anunță promițătoare în cercetările legate de utilizarea unor specii de insecte în vederea combaterii dăunătorilor din agricultură.

În ultimii ani în agricultura bulgară s-a extins utilizarea mijloacelor biologice și integrate pentru asigurarea protecției fitosanitare. Dacă în 1975 au fost aplicate pe o suprafață de 122 000 de ha, în 1978 mijloacele biologice au fost utilizate, paralel cu cele chimice, pe aproape un milion de hectare. Cel mai adesea s-a făcut apel la insecta utilă *Trichogramma* (înmulțită în laboratoarele Uniunii economice de stat „Servicii agrochimice") pentru combaterea dăunătorului *Pyraustra nubilalis*, care atacă porumbul, și contra *Mamestra brassicae* și a altor insecte care distrug varza. Totodată, se depun eforturi pentru modernizarea tehnologiei culturilor de *Trichogramma*

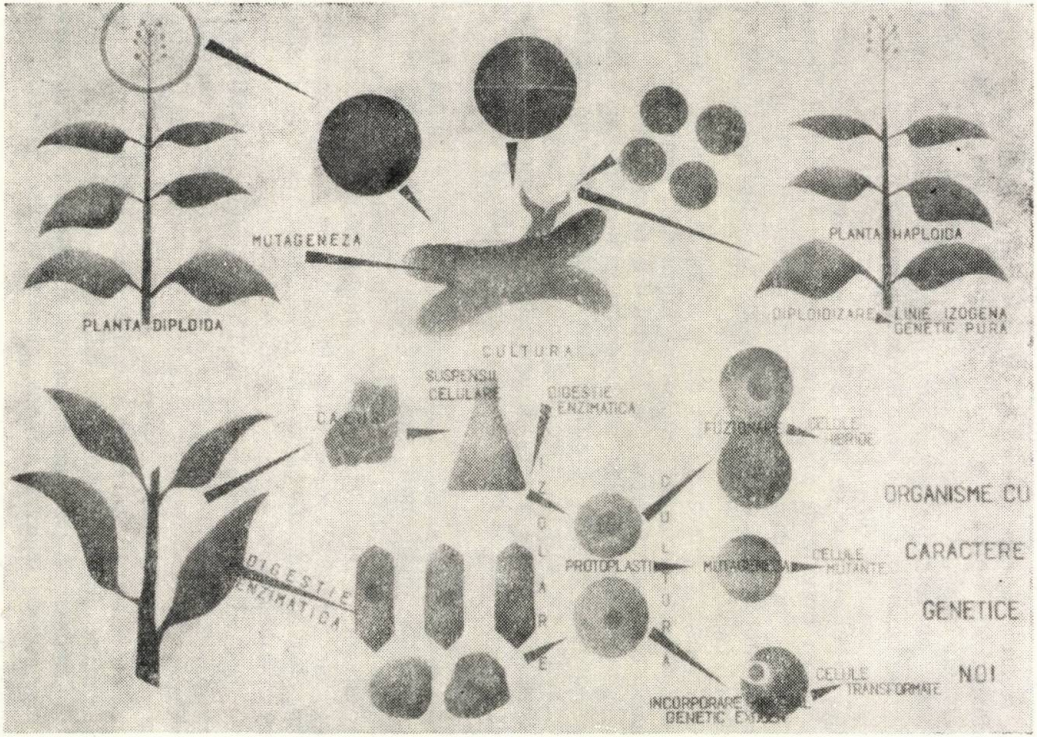


Fig. 22. — Tehnici de culturi celulare pentru crearea de noi genotipuri

embryophagum şi pentru perfecţionarea aplicaţiilor sale. În momentul de faţă se folosesc două procedee în vederea împrăştierii insectei cu ajutorul avioanelor.

Specialiştii din cadrul laboratoarelor biologice lucrează la crearea şi experimentarea altor agenţi, rezultate încurajatoare fiind obţinute, de pildă, în utilizarea insectei *Encarsia formosa*, împotriva muştei albe de seră, precum şi a insectei *Acarus phytoseiulus persimilis* contra dăunătorului *Epitetrarynchus telurius*. Graţie entomobacteriului, un preparat microbian inofensiv naturii şi omului, au fost protejate, împotriva altui dăunător, sute de mii de hectare de livezi şi sere. Întreprinderea bulgară de preparate microbiene din oraşul Peştera a început să fabrice un produs cu calităţi foarte apropiate de entomobacteriu, denumit Dipel, care va fi utilizat împotriva dăunătorului *Phillobius argentatus*.

În numai cîteva zecimi de secundă, cu ajutorul plasmei, seminţele pot fi tratate împotriva micozelor. Pentru un asemenea tratament, specialiştii Institutului pentru electrificarea agriculturii din U.R.S.S. au construit o instalaţie de plasmă cu hidrogen, în care seminţele sînt iradiate în cîmp electromagnetic, cu raze infraroşii şi ultraviolete, ceea ce are o influenţă pozitivă asupra structurii lor biologice. O asemenea iradiere face să crească recoltele şi conţinutul de albumină în boabe.

Cercetătorii maghiari au anunţat (în 1980) că au reuşit să producă antihormoni care întrerup funcţiile vitale ale insectelor ce atacă culturile, nimicindu-le. Aceste substanţe, care nu au nici un fel de efect asupra omului şi, spre deosebire de actualele metode chimice, nu poluează şi nu influenţează mediul, sînt considerate ca deschizînd o nouă etapă în combaterea dănunătorilor.

Prof. J. Wandermer de la Universitatea din Michigan (S.U.A.) a elaborat un studiu în care se compară metodele moderne de exploatare agricolă cu cele tradiţionale. Concluzia esenţială este că în timp ce agricultura modernă are la bază un sistem de cultivare a unei anumite specii pe o suprafaţă mare, în viitor randamentul agricol ar putea fi sporit prin „redescoperirea" unor metode tradiţionale de cultivare a mai multor feluri de plante agricole, alături, pe acelaşi lot (culturi asociate).

Profesorul american arăta (1981) că plantarea diferitelor culturi în loturi învecinate creează posibilităţi optime de combatere a insectelor dăunătoare şi măreşte cantitatea substan-

ţelor nutritive din sol, ceea ce contribuie la obţinerea unor recolte mai bogate la hectar decît prin sistemul de monocultură. De exemplu, specialiştii au constatat că atunci cînd fasolea şi porumbul sînt cultivate împreună, fasolea îmbogăţeşte terenul respectiv cu azot.

Utilizarea bioingineriei în scopul creşterii producţiilor agricole poate fi ilustrată şi prin alte exemple.

S-a relatat despre un hibrid inedit — de roşie şi cartof — realizat de geneticienii vest-germani, în colaborare cu cei danezi. În imaginea de mai jos se poate vedea cum arată noua plantă. Ea a fost botezată „potatomato", de la cuvintele englezeşti „potato" (cartof) şi „tomato" (roşie) — ceea ce s-ar putea traduce prin „tomatocartof".

Cercetătorii americani au reuşit (1981) o operaţiune de inginerie genetică la plante. O echipă a Ministerului Agriculturii al S.U.A. şi a Universităţii Wisconsin — condusă de John Kemp şi Timothy Hall — a reuşit să transfere o genă de la o mazăre verde într-o celulă de floarea-soarelui. Gena, care dirijează producerea unei proteine numită faseolină, este stabilă în noul mediu. Ministrul american al agriculturii, John Block, a apreciat că acest succes deschide calea spre o serie de ameliorări în domeniul soiurilor de plante.

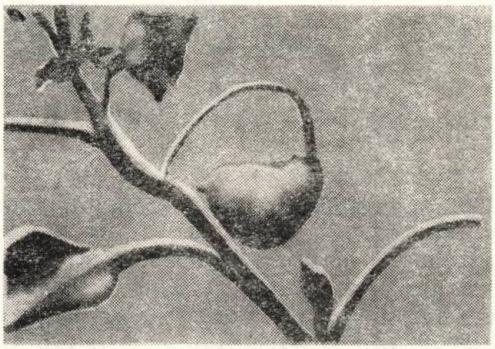


Fig. 23. — „Tomatocartoful"

Biologii de la Universitatea din Riga (R.S.S. Letonă) elaborează metode de dirijare a caracteristicilor plantelor (1981); prin supunerea seminţelor de castraveţi unui anumit tratament termic creşte numărul florilor femele, ceea ce duce la sporirea producţiei cu 15—20%/ha. Importanţa practică deosebită

a acestor cercetări care duc la descoperirea unor căi de „feminizare" a plantelor este evidentă dacă se are în vedere faptul că la o serie de plante de cultură se formează mult mai multe flori mascule decît femele-roditoare.

Cercetătorii de la Institutul de genetică şi citologie al Academiei bieloruse de ştiinţe au reuşit să realizeze o operaţie deosebită: au introdus în bacteriile de pe rădăcinile unor cereale o genă care asigură procesul de asimilare al azotului din aer. Pînă acum, de o asemenea posibilitate dispuneau doar boabele de fasole, întrucît cerealele pot asimila din aer doar 2—3% din azotul de care au nevoie. Bacteriile „prelucrate" sînt capabile nu numai să asimileze azotul din atmosferă, ci şi să-l degaje intens în sol. Trecerea de la aplicarea de îngrăşăminte azotoase la diseminarea în solul din jurul rădăcinilor a unor asemenea bacterii va permite sporirea recoltelor de cereale.

În curînd, consumatorii vor avea la dispoziţie fructe şi legume tratate cu ajutorul... hormonilor. Într-adevăr, cercetătorii americani au ajuns la concluzia că aceste substanţe joacă un rol important nu numai în cazul fiinţelor umane şi animalelor, ci şi în cazul plantelor — în toate stadiile de dezvoltare. Aşa se petrec lucrurile, de pildă, cu hormonul denumit auxină, care reglementează creşterea. Primele fructe care au beneficiat de tratamentul cu hormoni sînt: bananele, ananasul şi strugurii. În cazul strugurilor, de exemplu, s-a constatat că ciorchinii sînt mai bogaţi, boabele mai voluminoase, mai dulci şi au un colorit mai intens. În imaginea din fig. 24, în stînga, chiorchinele unei viţe netratate cu hormoni, iar în dreapta — al unei viţe căreia i s-a efectuat un asemenea tratament.

În India, 7 institute de cercetare sînt angajate, de mai mulţi ani, în găsirea unor metode de folosire a algelor marine pentru producţia de metan, ca înlocuitor al îngrăşămintelor chimice şi ca hrană pentru creşterea animalelor. Deosebit de avansată este folosirea algelor albastre ca mijloc de ridicare a conţinutului de azot al terenurilor pe care este cultivat orezul. Astfel s-a constatat că prin folosirea acestor plante, ce furnizează 25—30 kg azot la hectar şi, în plus, biostimulatori şi vitamine, poate fi redusă cu o treime cantitatea de îngrăşăminte chimice administrate terenului respectiv. Algele albastre pot fi produse în orice gospodărie ţărănească, în lunile fierbinţi de vară, cînd oferă o recoltă pe săptămînă, din care o parte poate fi răspîndită ca îngrăşămînt pe cîmp, iar

restul folosit ca bază pentru obținerea, în continuare, a unor noi culturi de alge. Noua modalitate de economisire a îngrășămintelor costisitoare este deosebit de importantă, îndeosebi pentru țările în curs de dezvoltare.

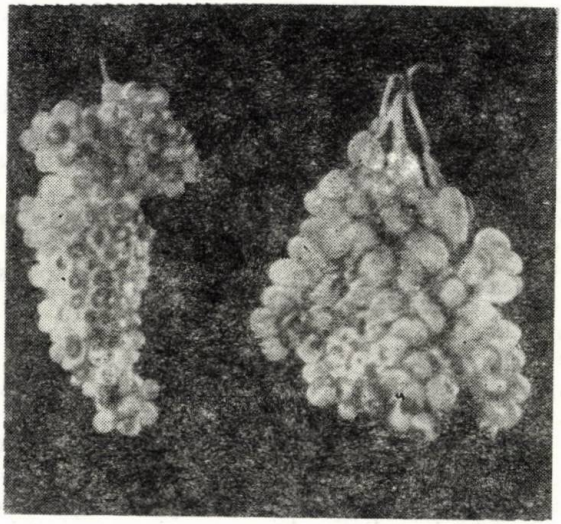


Fig. 24. — Struguri tratați cu hormoni (dreapta) și netratați (stînga)

„Dealtfel, algele constituie o uriașă sursă potențială de proteine și de substanțe extrem de folositoare în toate domeniile vieții economice. Acest potențial poate fi transpus în realitate prin noi cuceriri și descoperiri. Foarte recent, printr-o nouă și modernă tehnologie s-au putut extrage noi și valoroase principii farmacodinamice din alge. Astfel, din lipoizii speciilor de *Scenedesmus* izolarea condrinasterinei duce la prepararea cortizonului (hormon indispensabil vieții umane); din speciile de *Phillophora* se obține un extract folosit cu bune rezultate în colite, jejunite și gastrite".*

Realizările ingineriei industriale stimulează și mai mult pe cele ale bioingineriei agricole.

* *Tratat de algologie*, St. Peterfi și Al. Ionescu, și *Algele — proteinele viitorului*, Al. Ionescu, prezintă cu lux de amănunte importanța economică și utilizările viitoare ale algelor, inclusiv în context bioinginerese [11], [12].

Specialiștii din S.U.A. au realizat (1979) un analizator al conținutului în albumină, cu ajutorul căruia se poate afla, în numai trei minute, cantitatea de albumină conținută în produse ca: boabe de grîu, orz, ovăz, semințe de lucernă sau de soia, ouă, produse lactate etc. Aparatul funcționează la tensiunea de 110 sau 220 volți, iar mînuirea lui este extrem de simplă.

Cercetătorii bulgari se preocupă, de mai mulți ani, de valorificarea cantităților de produse secundare rezultate din activitatea întreprinderii de conservare a legumelor și fructelor: sute de mii de tone de semințe de roșii și ardei, mere, pere și gutui, resturi de fasole verde, păstăi de mazăre etc. care conțin zaharuri; o parte este orientată spre industria farmaceutică o alta este însilozată, dar rămîne o cantitate imensă, care supusă prelucrării microbiologice poate fi transformată în albumină și enzime. Specialiștii au stabilit că din 70 mc de apă reziduală, cantitate egală cu cea eliminată zilnic de un combinat de prelucrare a legumelor, se pot obține, printr-o prelucrare suplimentară, produse cu care pot fi puse la îngrășat 2 500 de porcine.

La Institutul unional de selecție genetică din Odesa a fost inaugurată în anul 1978 o stație complexă de climă artificială realizată de industria sovietică. În serele și camerele climatizate, selecționarii pot lucra tot timpul anului, fitotronul asigurînd la comandă o mare varietate de condiții meteorologice: ger de —30°, căldură caniculară, umiditate, vînt; o instalație specială furnizează ceață. Datorită condițiilor favorabile create, în camerele climatizate se obțin 3—4 recolte pe an. În institut a luat ființă, de asemenea, o bancă de gene. Ea se îmbogățește necontenit cu semințe din cele mai noi soiuri de plante create în alte țări. Aceste semințe sînt semănate, recoltate, studiate și păstrate ca material de bază pentru activitatea de selecție din institut.

Prin procese bioinginerești se obțin rezultate spectaculoase și în zoologie și zootehnie.

Cercetători de la Academia de științe a U.R.S.S. au propus o metodă originală pentru protejarea speciilor rare sau în curs de dispariție. Ei au elaborat o schemă de refacere a acestor specii animale din embrioni conservați. După cum se știe, celulele conservate prin înghețare se păstrează ani îndelungați și pot fi folosite chiar și atunci cînd animalul nu mai este de mult în viață. Această metodă, care se aplică de mult

în zootehnie, este în prezent experimentată pentru înmulțirea animalelor sălbatice în grădinile zoologice din U.R.S.S.

„Înghețatul" este numele unui vițel născut recent la Institutul unional de cercetări științifice pentru zootehnie; numele nu este rodul fanteziei cercetătorilor sovietici, ci apare cît se poate de potrivit în lumina precizării că vițelul s-a născut dintr-un embrion care a fost înghețat timp de trei zile la o temperatură de —196°C, temperatura azotului lichid; embrionul a fost apoi dezghețat și implantat unei alte vaci decît cea de la care a fost prelevat. De ce sînt necesare astfel de experiențe? Pentru a spori numărul urmașilor proveniți de la animale cu calități excepționale, răspund specialiștii. În cazul vitelor cornute mari, astfel de calități sînt producția ridicată de lapte sau capacitatea de creștere rapidă. Apare astfel posibilitatea creării unor adevărate „bănci genetice" în măsură să livreze unităților zootehnice embrionii necesari atunci cînd acestea au nevoie de ei.

Se cunoaște că în unele complexe zootehnice se aplică astăzi noi procese industriale, cu tot sistemul de automatizare și de cibernetizare. Ar fi fost imposibil ca din vechile sisteme naturale de păstorit să se poată întreține ferme de vaci, cu cîte 10 000—50 000 de capete, crescătorii de porci de 100 000—200 000 capete sau imense crescătorii de păsări. Putem spune că bioingineria, sub multiplele ei aspecte, a pătruns în toate procesele de relații între om și natură, în asigurarea societății umane cu toate mijloacele materiale și spirituale de care are nevoie pentru a realiza o viață cît mai civilizată.

III. BIOINGINERIA ŞI INTERFERENŢELE EI CU BIONICA

Micul dicţionar filosofic român arată că termenul de *bionică* a fost introdus de J. Steele în anul 1960, pentru a desemna preocupările „inginereşti" referitoare la dispozitivele şi „mecanismele" din sistemele vii, cu scopul final de a găsi, în ele, modele de inspiraţie pentru tehnică. Bionica este învecinată, prin preocupări, cu biocibernetica, ramură a cibernetici, care urmăreşte studiul proceselor biologice ca manifestări ale unor sisteme informaţionale cu autoreglare, folosind metode matematice, modelarea analoagă etc. Bionica se sprijină pe neurofiziologie, biofizică, biochimie. De interes deosebit sînt problemele legate de senzorialitate şi orientarea în spaţiu, de navigaţia aeriană şi acvatică, de rezistenţa materialelor şi de statica construcţiilor etc. Bionica, ca şi cibernetica, implică premisele teoretice materialist-dialectice ale unităţii materiale a lumii, ale capacităţii generale a materiei de a reflecta realitatea ambiantă şi constituie un punct de plecare al unor noi elaborări teoretice în filozofia contemporană.*

3.1. BIONICA PRECURSOARE ŞI RAMURĂ A BIOINGINERIEI

Între bioinginerie, ca ştiinţă multidisciplinară, şi bionică există legături strînse. Bioingineria studiază fiinţele pentru a le introduce în „regim de fabricaţie". Bionica foloseşte bioingineriei pentru că aceasta cunoaşte mai bine fiinţele şi cum

* *Mic dicţionar filozofic român*, Bucureşti, Editura politică, 1973, p. 57.

se pot ele „tehniciza". Privită ca o preocupare inginerească de a „împrumuta" soluții constructive și funcționale de la sistemele vii, dar mai ales de a utiliza creațiile sale tot în scopul bunei funcționări sau a „reparării" sistemelor vii (în special a sistemului uman), bionica poate fi privită ca o ramură a bioingineriei. Referindu-se la bionică ca știință, prof. dr. Petre Alexandru-Roman arăta că:

„... biologia și matematica au dat viață unei discipline, unei științe noi: bionica sau inteligența artificială sau neurodinamica sau neurocibernetica care reprezintă o fațetă foarte importantă a ciberneticii.

... bionica are ca obiect reproducerea artificială a mecanismelor vieții. Așa se explică de pildă efortul oamenilor de știință de a cerceta mijloacele cu care delfinii apreciază atît de precis distanțele sau faptul că liliecii emit ultrasunete la o frecvență de mai multe zeci de mii de oscilații pe secundă, fiind astfel înzestrați cu un perfecționat aparat radar sau împrejurarea că nici un laborator din lume nu a reușit să realizeze un dispozitiv atît de subtil ca mirosul", după cum observa economistul francez George Elgozy. „Organismul viu este... cea mai perfectă mașină care servește de model celor mai perfecționate aparate electronice".

Tot George Elgozy afirma că „omul este dotat cu calități excepționale, deși, la urma urmelor, el este un produs fabricat din elemente extrem de simple și de ieftine de către un cuplu lipsit de aptitudini speciale, de tehnică științifică și de cunoștințe de specialitate" [13].

Într-adevăr omul, încă de la începuturile existenței sale ca ființă superior organizată, se autostudiază și studiază particularitățile anatomice și fiziologice ale celorlalte vietăți, în scopul de a descifra, din necesități practice, tainele apariției și existenței lor.

În această ordine de idei, cîteva exemple referitoare la descoperiri recente privind simțul de orientare și de migrare al unor viețuitoare pot fi concludente. Unele viețuitoare se orientează excelent în spațiu după polul geomagnetic, afirmă oameni de știință vest-germani de la Institutul Max-Planck. Ele dispun de organe microscopice, formate doar din cîteva celule, capabile să reacționeze sub influența polului geomagnetic. Aceste organe invizibile îndeplinesc rolul unui compas giroscopic, ajutînd pe posesoarele lor din lumea animală să-și găsească drumul în spațiu. Aceste organisme microscopice pot

fi considerate ca adevărate „girocompasuri biologice". Simțul extraordinar de orientare al porumbeilor călători, care reușesc să găsească fără greș drumul înapoi către casă, chiar dacă au fost lansați de la distanțe de sute de kilometri, a intrigat multă vreme pe oamenii de știință. Se pare că taina a fost lămurită. Potrivit descoperirilor prof. Charles Walcott, de la Universitatea de stat din New York, în spatele globului ocular al porumbeilor se află un țesut minuscul, cu o suprafață nu mai mare de un milimetru pătrat, țesut care conține magnetită, substanță minerală cu un înalt grad de magnetizare; experimentele efectuate îl îndreptățesc pe cercetătorul american să afirme că porumbeii folosesc acest țesut ca un fel de radar biologic, ghidîndu-se în zborul lor după cîmpul magnetic al Pămîntului.

După ani de experiențe, oamenii de știință vest-germani au ajuns la concluzia că păsările migratoare din Europa spre Africa, unde își au „reședințele de iarnă", se nasc cu un „calendar anual interior", organismul lor dispunînd de veritabile „programe de zbor". Migrația acestor păsări nu este influențată hotărîtor de factori exteriori, ca anotimpul, temperatura, vegetația sau hrana. Pui izolați imediat după ieșirea din găoace și ținuți cîțiva ani în condiții de temperatură constantă și hrană uniformă, în timp ce lumina și întunericul alternau la intervale invariabile, au prezentat, de două ori pe an, simptomele migrației, adică pe de o parte au năpîrlit, iar pe de alta s-au îngrășat, pentru a avea rezervele de hrană necesare zborului. În plus, la prima migrație, păsările respective au străbătut lunga distanță de mii de kilometri fără a se abate de la cale, conform „programului de zbor" cu care organismul lor este dotat de la naștere. Evident, această descoperire va duce la ideea că păsările migratoare pot fi considerate ca fiind adevărate „automate zburătoare". Nu trebuie să uităm însă că nu ființele vii sînt asemănătoare automatelor ci că automatele sînt totdeauna construite după „chipul și asemănarea" organismelor vii și că astăzi bionica, ca ramură (înglobată) a bioingineriei, favorizează aceasta. Dar nu numai bionica favorizează și condiționează, la rîndul ei, nașterea și dezvoltarea bioingineriei, a unor alte ramuri ale ei, ci la aceasta contribuie substanțial științele naturii, biologia și fizica în special, științele tehnico-inginerești, matematica, cibernetica etc.

În cele ce urmează vom explica că cele mai apropiate legături dintre bionică și bioinginerie sînt, după părerea

noastră, cele care situează bioingineria ca disciplină a aparatelor înlocuitoare de organe (anatomice), a aparatelor ajutătoare în medicină sau a roboților, ceea ce vom și demonstra.

3.2. BIOINGINERIA CA DISCIPLINĂ A BIOAPARATELOR ȘI A BIOMATERIALELOR

Subliniind că revoluția științifico-tehnică contemporană facilitează un progres nebănuit și neîntîlnit în realizarea pe cale artificială a unor caracteristici sau părți componente ale organismelor vii, în acest paragraf ne vom referi la aparatura înlocuitoare de organe, la materiale bioînlocuitoare și la aparatura medicală ajutătoare în diagnostică și terapeutică, evidențiind rezultatele obținute la noi și în alte țări [14].

3.2.1. APARATURA ÎNLOCUITOARE DE ORGAN

Fabricația acestor aparate constituie un important domeniu de aplicații practice al științei bioinginerești, domeniu distinct al activităților inginerești cunoscut în lume sub denumirea de *biomecanică*, ramură de știință și tehnică în plină afirmare. Pe această linie considerăm demn de relevat că în ultima parte a anului 1979, 150 de cercetători și specialiști din 17 țări s-au reunit la Strasbourg (Franța) pentru a participa la al doilea congres european de biomecanică. Ca teme principale ale acestei întîlniri au figurat accidentele rutiere și de muncă, sănătatea persoanelor în vîrstă. S-au prezentat realizări practice recente în acest domeniu, între care consolidarea anumitor fracturi prin stimularea electrică externă, fără recurgerea la operație, mărirea longevității protezelor articulare. În principal, congresul își propunea mai buna cunoaștere a tehnicilor și materialelor susceptibile de a înlocui una sau alta din componentele corpului uman.

În cele ce urmează vom prezenta un grupaj de realizări care demonstrează creșterea și perspectivele bioingineriei în apărarea sănătății omului și a prelungirii vieții lui, creștere favorizată de influența revoluției tehnico-științifice actuale și în principal de cea a teoriei generale a sistemelor, a cibernetici, acela al proiectării, construirii și utilizării organelor artificiale, acele aparate înlocuitoare de organe naturale sau a

stimulatoarelor de organe*. Aceasta este o contribuție absolut vitală a bioingineriei. Ne referim spre exemplu la aparatura realizată inginerește care înlocuiește, pentru o perioadă de timp mai lungă sau mai scurtă, total sau parțial, cu deplină funcționalitate, organe vitale grav bolnave sau temporar imobilizate ale organismului uman. Este vorba de plămîni, rinichi artificiali etc., care au devenit auxiliari tehnici prețioși, dar de acum obișnuiți ai medicinei, precum și de aparatura mai nouă (inimă artificială etc.).

Rinichiul artificial — aparat salvator pentru mulți suferinzi — prezintă dezavantajul că, din cauza volumului său și a alcătuirii complicate, poate fi instalat numai în anumite unități spitalicești. Pentru a înlătura aceste inconveniente, inventatorul său, profesorul de origine olandeză Willem J. Kolff, de la Universitatea Utah din S.U.A. a realizat (1977), după îndelungi studii și încercări, un nou aparat, „rinichiul mobil", care cîntărind numai 3 kg, poate fi purtat lesne de bolnav, cu ajutorul unor curele. Pentru eliminarea compușilor toxici din sînge, pacientul trebuie să și-l atașeze de trei ori pe săptămînă cîte cinci ore.

În ultimii ani știința a făcut încercări și progrese și în domeniul oftalmologiei. Una dintre cele mai mari reușite pe această linie este realizarea, la Institutul de construcții mecanice biomedicale de la Universitatea Utah din S.U.A., aparatului de vedere artificială. Tehnologia biomedicală respectivă constă în implementarea în ochiul nevăzător a unui microecran sensibil care ține locul retinei și poate fi orientat normal prin acțiunea mușchilor ce dirijează globul ocular. Un microordinator montat pe rama ochelarilor, înlocuind nervul optic, analizează imaginile și le trimite sub forma unor impulsuri unei baterii plasată pe ceafă unde extremitățile celor 64 microelectrozi se află în contact cu zona scoarței cerebrale ce dirijează nervii optici. Neuro-proteza astfel realizată ajută nevăzătorii să vadă. Impulsurile fiind transformate în final în fosfene** orbul capătă o imagine punctată a obiectelor vizate. Un specialist britanic a inventat (1977) un mic aparat de dimensiunile unei perechi de ochelari care va permite or-

* În concepția noastră, toate aceste aparate pot fi denumite în general bioaparate, constituind o categorie distinctă ce aparține de bioinginerie.

** Fosfenele sînt puncte luminoase, apărute în cîmpul vizual, fără substrat material (ci iluzoriu). Pot să apară în cazul afectării vascularizării retiniene, ca în cazul hipertensiunii sau diabetului.

bilor să „vadă" ceea ce se află în jurul lor cu ajutorul vibraţiilor sonore. La fel ca sistemul de orientare nocturnă al liliecilor, aparatul emite ultrasunete, apoi transformă ecourile primite de la diverse obiecte în vibraţii sonore perceptibile de urechea umană. Un antrenament dirijat potrivit va permite ameliorarea infirmităţii datorită acestui aparat.

Cercetări în vederea realizării unui cord artificial au întreprins, timp de mai mulţi ani, împreună cu un colectiv de la I.M.F. Tîrgu-Mureş, prof. dr. Pop D. Popa Ion şi dr. Deac Radu. Se remarcă sistemul de valvule artificiale propus.

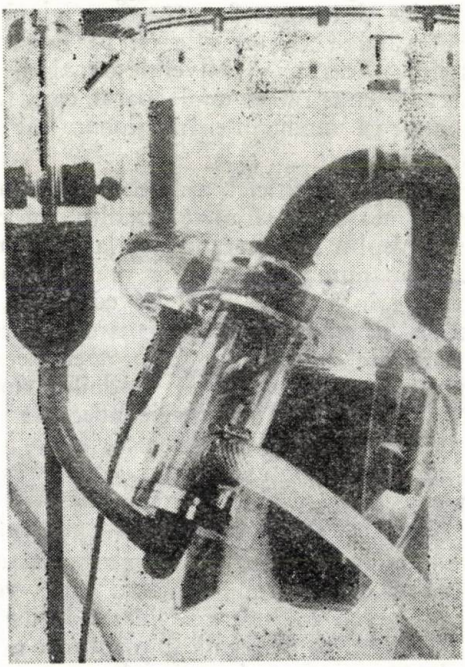


Fig. 25. — Recipient din plexiglas care conţine principalele piese ale cordului artificial

Primul pas spre realizarea unei inimi artificiale, obiectiv care se află de peste două decenii în centrul preocupărilor savanţilor din întreaga lume, a fost făcut de o echipă germană de cercetători [15] (fig. 25).

Inima artificială construită pînă în prezent nu este implantată — din cauza dimensiunilor ei prea mari —, ci conectată la circuitul sangvin, preluînd, de exemplu, la pacienţii care au suferit un infarct miocardic, pe o perioadă de pînă la 3 săptămîni, funcţiunea cordului. De asemenea, inima artificială va găsi utilizare la intervenţii pe cord, cu durată lungă, cînd maşina cord-pulmon nu mai este suficientă, sau la rinichii artificiali, dat fiind că „menajează" în măsură mai mare sîngele. Noua pompă sangvină reprezintă un progres important pe drumul spre realizarea inimii artificiale. Înainte de a se trece la construirea şi grefarea unor inimi rezistente din material plastic mai rămîn însă de rezolvat unele probleme biologice şi tehnice. În această privinţă prof. Kremer, directorul Clinicii chirurgicale de pe lîngă Universitatea din Düsseldorf, declara: „Nivelul actual al tehnicii nu poate încă permite construirea unui aparat care să reproducă exact dimensiunile şi modul de funcţionare al inimii naturale".

Un sistem de cord artificial, aplicabil organismului uman, trebuie să îndeplinească o serie de condiţii. În primul rînd trebuie să fie pe deplin incorporabil, or, la toate modelele cunoscute pînă acum numai proteza de ventricul putea fi implantată în torace în timp ce celelalte complexe, cum ar fi sursa de energie, sistemul de transformare a energiei şi comanda sînt conectate din exterior la proteză, ceea ce constituie o dificultate pentru pacient. În al doilea rînd se pune problema găsirii unei surse de energie adecvate. Teoretic la dispoziţie stau energia chimică, electrică, biologică şi nucleară. O sursă de energie optimă pentru acţionarea unei inimi artificiale pare a fi în schimb energia nucleară. Încercările efectuate cu Plutoniu 238 au dat rezultate încurajatoare.

De mare importanţă este de asemenea materialul din care va fi confecţionat sistemul de cord, care trebuie să fie foarte rezistent. Avînd în vedere o durată medie a vieţii de 75 de ani, cît şi faptul că de regulă implanturile se vor face în jurul vîrstei de 50 ani, cordul artificial urmează să funcţioneze 15—25 de ani, fără a se defecta. Materialele utilizate trebuie să facă faţă unor solicitări extrem de mari, din moment ce chiar şi o defecţiune minimă a întregului sistem poate provoca moartea pacientului. Or, gradul de solicitare tehnică şi durata de funcţionare care constituie condiţii indispensabile pentru inima artificială încă nu au fost atinse în prezent. În plus, materialul nu trebuie să fie toxic, teratogen

sau cancerigen; în schimb, problemele imunobiologice primare par a fi rezolvate la ora actuală. Există materiale sintetice şi metale netoxice şi necancerigene cum ar fi de pildă cauciucul siliconic care prezintă proprietăţi mecanice acceptabile (poate fi sterilizat la temperaturi înalte şi este bine suportat de organism).

În 1968 în R.F. Germania s-a constituit grupul de lucru „Inima artificială", cu participarea interdisciplinară a experţilor în ştiinţe ai Institutelor pentru acţionări şi comenzi hidraulice şi pneumatice, electrotehnică teoretică, prelucrarea maselor plastice, tehnică procedurală şi Institutul de aerodinamică, toate cu sediul la Aachen, precum şi a medicilor şi inginerilor de la Clinica chirurgicală, Institutul de fiziologie şi Institutul de fiziologie şi chimie al Universităţii din Düsseldorf. Ca prim obiectiv al acestei echipe de cercetători s-a înscris realizarea unei inimi parţiale, nu a unei inimi întregi implantabile, ceea ce apare judicios din două puncte de vedere. Pe de o parte, realizarea unei inimi parţiale a ridicat în faţa cercetătorilor probleme a căror rezolvare reprezenta o condiţie de bază pentru construirea ulterioară a unei inimi artificiale, cum ar fi problema materialului sintetic, prelucrarea şi compatibilitatea sa, problema afectării sîngelui datorită materialului sintetic sau ventriculului, problema supapelor şi a circulaţiei sangvine. Pe de altă parte, inima artificială poate da şi ea rezultate terapeutice mulţumitoare, de exemplu dacă va fi utilizată împreună cu plămînul artificial la descongestionarea circuitului sangvin. Perfecţionarea maşinii cord-pulmon este de mult timp examinată, medicii pledînd pentru prelungirea duratei de utilizare de la cîteva ore la cîteva zile. Pentru aceasta sînt însă necesare pompe sangvine care menajează cu mult mai mult organismul decît cele utilizate pînă în prezent.

De aceea, specialiştii din Düsseldorf şi Aachen s-au văzut confruntaţi în primul rînd cu sarcina de a construi o pompă adecvată, optînd pînă la urmă pentru un ventricul tubular.

Avantajul acestui ventricul de pompare (piesa de pompare şi ejecţia volumului său de şoc) este că în timpul de aspirare, lucrează după principiul refulării prin pulsaţie, adică simulează comportamentul fiziologic al cordului omenesc. Un mijloc de acţionare din afara tubului de pompare comprimă tubul care se dilată din nou prin depresiune. Un rol esenţial la alegerea ventriculului tubular l-a jucat pomparea „hidra-

ulic favorabilă". Tubul de pompare prezintă astfel o grosime a pereților care crește de la supapa de aspirație spre supapa de presiune, realizîndu-se un fel de mișcare peristaltică în direcția curgerii.

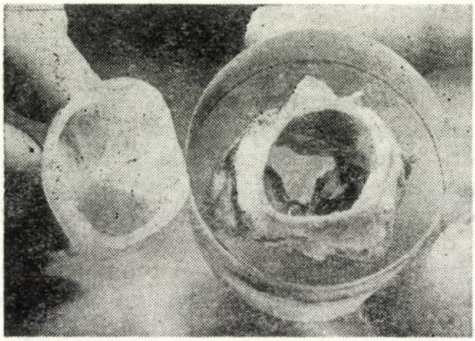


Fig. 26. — Valvulă din material plastic și valvulă omenească

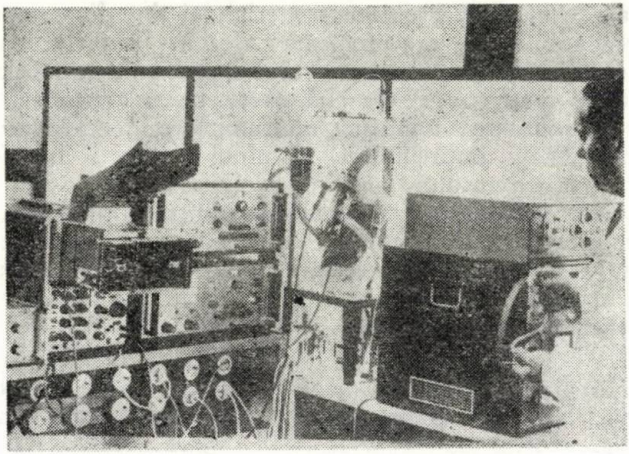


Fig. 27. — Demonstrarea acționării și dirijării pompei cardiace la Institutul tehnic superior din Aachen

A fost necesară de asemenea realizarea unor supape artificiale de tip nou. Funcționarea unei valvule a cordului depinde, sub raportul tehnic, de două proprietăți. Prima este rezistența hidraulică opusă curentului pe care o prezintă val-

vula în stare deschisă. Cu cît această rezistență este mai mică, cu atît funcția supapei are o influență mai puțin vătămătoare asupra sîngelui. Pe de altă parte, este nevoie ca valvula să se închidă cît mai rapid și cît mai etanș, curentul invers al unei supape incomplet închise avînd un efect negativ asupra sîngelui. Nesatisfăcuți de funcționarea valvulelor Wada-Cutter și Butterfly utilizate frecvent, cercetătorii germani au elaborat o valvulă care prezintă cel mai slab curent invers.

S-a pus și problema acționării și comenzii. Este nevoie de un sistem de acționare foarte flexibil la care volumul, frecvența și raportul de șoc — raportul dintre timpul de compresie și cel de aspirare — să fie reglabile. Sistemul de acționare (hidropneumatic cu comandă electronică) este compus dintr-un piston cu acțiune dublă, care se poate deplasa de-o parte și de alta, cu ajutorul unei servosupape electropneumatice. Acest piston împinge, în timpul de compresie, mediul de transmisie printr-o cameră de compresie în ventricul, ceea ce are ca rezultat compresia tubului; pistonul se deplasează înapoi și aspiră mediul de transmisie, provocînd umplerea ventriculului. Funcția de mișcare a pistonului de acționare și odată cu aceasta, funcția de pompare a ventriculului, avînd parametrii volum, frecvență și raport de șoc, este stabilită în prealabil, sub forma tensiunii unui electrogenerator de funcțiune.

Această pompă a fost construită la începutul deceniului opt și ea poate prelua, pentru o perioadă limitată, funcțiunea unuia din cele două ventricule. Modelul a fost verificat la oi și cîini, animalele supraviețuind pînă la 4 ore. Inima artificială parțială va putea ușura și activitatea cordului omenesc.

Unul din cele mai dificile obstacole în fața realizării inimii artificiale implantabile este, potrivit opiniei cercetătorilor germani, tendința spre tromboze la nivelul protezelor, cea mai mare predispoziție în acest sens constatîndu-se la supape și la punctele de sutură dintre materialul plastic și țesuturile organismului. În laboratoare s-a experimentat și grefarea de celule vii de țesut pe porțiunile de proteze care vin în contact cu sîngele pentru a se diminua astfel pericolul trombozelor.

Multe maladii ale cordului — numai în R. F. Germania aproape un sfert din populația matură trăiește cu certitudinea sau sub amenințarea unei leziuni cardiace — pot fi înlătu-

rate numai prin înlocuirea inimii bolnave, fie cu o inimă naturală, fie cu una artificială. Grefa de cord natural nu poate reprezenta o soluție reală avînd în vedere că numărul donatorilor va fi întotdeauna cu mult mai mic decît cel al pacienților care au nevoie de o inimă nouă. O rezolvare a problemei o poate constitui de aceea numai realizarea inimii artificiale [15].

În cercurile de specialitate din URSS, conform unor aprecieri formulate în august 1980, se aprecia că la sfîrșitul sec. 20 sau la începutul sec. 21, va fi posibilă transplantarea cordului artificial în locul cordului natural grav afectat de boală, după care va urma transplantul de ficat artificial (prin procedeul hemoabsorbției).

Tot în domeniul inimii artificiale în lume s-au obținut pînă în prezent realizări remarcabile. Astfel, specialiștii austrieci au perfecționat o aparatură electronică, de mici dimensiuni, pentru comanda automată a inimii artificiale folosită în cazurile de afecțiuni cardiace grave. În anul 1979 „miniautomatul" a fost cuplat, pentru verificare, cu inima artificială a unui vițel, aflată în afara organismului. Animalul de experiență s-a comportat bine. Aparatul urmează să fie miniaturizat pentru a fi montat pe o plachetă de 5×3 mm, astfel încît el să poată fi implantat în organismul bolnavului împreună cu inima artificială. La începutul anului 1980, în cadrul Universității Purkinje din Brno (R.S. Cehoslovacă) a fost efectuat cu succes un experiment veterinar: unui vițel în vîrstă de trei luni i-a fost implantată o inimă artificială. La trei luni după naștere, vițelul s-a îmbolnăvit de congestie pulmonară cu complicații. Specialiștii l-au folosit pentru aplicarea și testarea unei inimi artificiale. „Gasan" s-a restabilit, iar funcțiile fiziologice ale întregului organism s-au normalizat. Inima artificială este compusă dintr-un sistem de două pompe, corespunzătoare celor două părți ale inimii naturale. Dificultățile intervenite în aplicarea ei la oameni provin din pericolul formării cheagurilor de sînge. Cercetătorii sînt în căutarea unui material de natură să ofere, de la început, toate garanțiile împotriva acestui pericol. Vițelul a trăit 150 de zile cu inima artificială, timp în care aceasta a pompat 4 milioane litri de sînge. În prezent, oamenii de știință din Brno pregătesc un experiment similar.

În aceeași perioadă specialiștii de la Facultatea de medicină a Universității din Brno au fixat în pieptul unui vițel o inimă artificială. Pînă la această operație, considerată o

certă reuşită, la Brno erau înregistrate, la începutul anului 1980, alte 49 de implanturi şi fiecare nouă experienţă a condus la perfecţionarea tehnicii operatorii, la prelungirea treptată a vieţii animalului de la ore la zile, săptămîni, iar acum la mai multe luni. Prin operaţiile efectuate se urmăreşte verificarea aparaturii utilizate şi a adaptării organismului la ţesutul artificial, cu atît mai mult cu cît, pentru prima dată în practica medicală, s-a folosit o inimă confecţionată din polimetilmetacrilat (plexiglas).

Prima inimă artificială — care poate fi introdusă în toracele unui cobai — a fost testată în anul 1977 la Institutul pentru hidrodinamică din Praga al Academiei cehoslovace de ştiinţe. Ea este constituită dintr-o membrană din polimetilmetacrilat; într-un minut ea pompează 12—15 litri de sînge, cu o frecvenţă de 150 pulsaţii în 60 secunde. Numai la 3 ani după acest test au fost efectuate cu succes experimentele descrise mai sus.

În urmă cu circa 25 de ani, în diferite ţări, oamenii de ştiinţă au început să cerceteze posibilitatea înlocuirii inimii cu un organ similar din material plastic. În anul 1977 într-o clinică din Cleveland (S.U.A.), o inimă de plastic a bătut, în pieptul unui viţel, 146 de zile. Experienţe asemănătoare au fost efectuate cu succes în Japonia şi Berlinul occidental. Fiind croite după dimensiunile corpului uman, inimile artificiale pentru viţei au devenit prea mici după trei luni. „În pieptul oamenilor — spunea profesorul japonez Yukihiko Nosé — inima de schimb construită de noi ar fi funcţionat mai departe fără probleme".

O echipă de medici de la clinica Universităţii de stat din Pennsylvania a anunţat (1977) că pentru menţinerea în viaţă a unei paciente supuse unei operaţii de cord deschis s-a folosit o inimă artificială, menită să preia sarcina ventriculului stîng, care asigura pomparea sîngelui; inima artificială nu poate fi utilizată însă o perioadă mai mare de două săptămîni. Şeful echipei de medici, William Pierce, a apreciat că extinderea utilizării inimilor artificiale ar putea salva, anual, numai în Statele Unite, aproximativ 800 de vieţi. El şi-a exprimat convingerea că intervenţia amintită va constitui un nou pas spre folosirea pe scară tot mai largă a inimilor artificiale, în special după efectuarea unor intervenţii chirurgicale.

Chirurgul canadian Donald Hill a creat o piesă pentru inima umană — un ventricul metalic menit să-i ajute să su-

pravieţuiască pe cardiacii care au suferit de infarct; piesa se aseamănă cu o pompă de benzină pentru automobil: un disc metalic cu un diametru de 11 cm şi o grosime de 4,5 cm, avînd înăuntru o membrană din material plastic. Greutatea ventriculului artificial este de 385 g. Ca şi cel natural, el absoarbe şi pompează sîngele. Experienţele pentru crearea lui au durat peste şapte ani. Doctorul Hill afirmă că încercările pe animale au dat rezultate pozitive şi că în prezent se poate trece la implantarea ventriculului metalic la oameni. Principala dificultate pe care a trebuit s-o învingă creatorii ventriculului artificial a fost găsirea materialului pentru membrană. Actuala membrană este suficient de rezistentă pentru a suporta cele 40 milioane de pulsaţii anuale, iar suprafaţa ei, perfect netedă, exclude orice posibilitate de afectare a corpusculilor sanguini, deosebit de sensibili.

Un cardiochirurg austriac a creat cea mai mică inimă artificială, măsurînd 83 pe 65 mm. Confecţionat din poliuretan, dispozitivul poate înlocui inima unui bolnav în cursul operaţiei.

Cercetătorul din imagine (fig. 28) prezintă prototipul unei inimi artificiale realizate la Universitatea din Utah

Fig. 28. — Prototipul inimii artificiale realizate la Universitatea din Utah

(S.U.A.). Este vorba de o pompă construită din mase plastice şi din aluminiu care se implantează, în urma unei operaţii chirurgicale, bolnavilor cardiaci consideraţi ca incurabili. Un sistem de conducte leagă această inimă artificială de o

sursă fixă de energie. Pacientul va rămîne imobilizat la pat. Se scontează însă că peste cîțiva ani va fi realizat un model perfecționat, care va permite bolnavilor să se deplaseze, asigurîndu-le astfel un anumit grad de autonomie.

La începutul lui 1981 în R. P. Bulgaria s-a creat un aparat denumit „Reinmil", folosit în cazuri urgente, legate de mari pierderi de sînge. El absoarbe sîngele, îl purifică, cu ajutorul unui filtru special, apoi îl restituie organismului.

Tot în R. P. Bulgaria s-a realizat un aparat, „Oximil", care poate prelua, pentru timpul necesar efectuării unor operații pe inimă, funcția plămînilor. Primele operații în cursul cărora a fost utilizat „Oximil"-ul s-au desfășurat cu succes. Noul aparat asigură, mai bine decît aparate similare, o înaltă eficiență a schimbului de oxigen-bioxid de carbon fiind, totodată, mai simplu din punct de vedere constructiv.

În martie 1981 în U.R.S.S. a fost testat cu succes un nou aparat denumit „plămîn cu membrană" care îndeplinește funcțiile plămînilor; în componența sa are o membrană permeabilă pentru gaze, confecționată dintr-un material care este „acceptat" de organism, adică permite eliminarea gazelor toxice, nu intră în reacție cu sîngele și nu contribuie la formarea trombozelor. „Plămînii cu membrane" au fost folosiți pentru tratarea unor bolnavi cu insuficiență respiratorie gravă.

Cibernetica, împreună cu matematica, bionica și mecanica, au creat noi posibilități de dezvoltare biomecanicii, ca ramură a bioingineriei. Cibernetica a creat vaste posibilități de simulare nu numai organismelor vii, mai ales modelînd prin tehnică sistemul uman, ci a favorizat producerea largă a unor părți componente ale sistemului uman cu funcții asemănătoare celor naturale. Considerăm deplin ilustrative cîteva exemple. Oameni de știință suedezi au pus la punct o proteză perfectă „mîna artificială", greu de deosebit de o mînă naturală, proteză care, dirijată direct de creierul purtătorului, poate executa mai multe mișcări, ca orice mînă normală. Mișcările dorite sînt declanșate în mîna artificială la numai o secundă de la emiterea comenzilor în sistemul nervos [16].

Proteza, pusă la punct de specialiștii niponi în colaborare cu cei francezi și prezentată în anul 1980, este destinată unor copii (în vîrstă de peste 8 ani) care, din diferite motive, și-au pierdut unul din membrele superioare. Înzestrată cu un microprocesor electronic, ea este acționată cu ajutorul vocii și poate îndeplini diferite operații firești vîrstei respective.

Cercetătorii amintiți studiază posibilitatea unei proteze similare pentru copii născuți cu malformații, cum a fost cazul copiilor mutilați, datorită faptului că mamele lor au folosit în timpul graviditații „medicamentul ucigaș" — thalidomida.

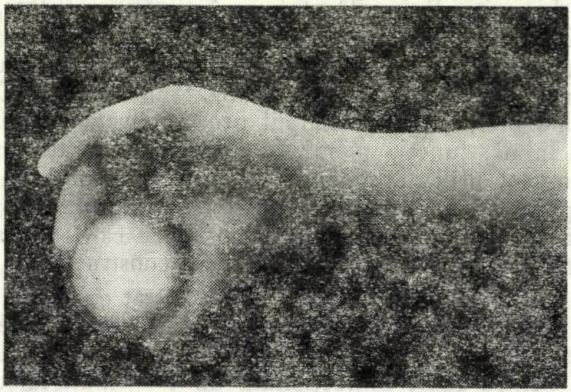


Fig. 29. — Mînă-proteză pentru copii

Proteza unei mîini, cuprinzînd umărul și articulația acestuia, brațul, antebrațul și palma cu degete, a fost realizată de un grup de oameni de știință de la Universitatea din Tokio. 11 motoraşe electrice miniaturale asigură mișcarea protezei, care este dirijată prin comandă verbală, recepționată de un minicomputer. Acest computer reacționează la zece comenzi orale, corespunzătoare celor zece mișcări principale executate de mîna-proteză.

Biomecanica, combinată cu tehnica medicală operatorie, poate face într-adevăr minuni. Astfel, în cursul anului 1979 a fost obținută o nouă realizare remarcabilă a chirurgilor chinezi: unui tînăr, care și-a pierdut ambele mîini într-un accident, i-a fost „refăcută" mîna dreaptă. Palma, fabricată din oțel inoxidabil, a fost apoi acoperită cu țesuturi prelevate din antebrațul pacientului. De asemenea, i-au fost transplantate două degete de la picioare pentru a fi utilizate la această nouă mînă. Acum, potrivit precizărilor presei chineze, percepția mîinii se apropie de normal, tînărul poate, cu ajutorul ei, mînca, scrie, aprinde chibritul. Operația a fost efectuată într-un spital din Shanghai, al cărui personal chirurgical a devenit cunoscut pentru opera de pionierat în domeniul refacerii la om a mîinilor și picioarelor mutilate.

Pentru persoanele handicapate care nu pot folosi membrele superioare, în Australia a fost pus la punct (în 1979) un aparat electronic, care poate scrie cu ajutorul... ochilor. Într-adevăr între partea din față și cea din fund a globului ocular există o diferență de potențial electric, care poate fi sesizată cu ajutorul unor electrozi. Cînd ochii se mișcă, ei dau naștere unor impulsuri pe care electrozii la rîndul lor le transmit unui „creion electronic"; acesta trasează literele pe ecran, în conformitate cu mișcările ochilor. Specialiștii afirmă că cei în cauză pot învăța, după un timp de exerciții, să „scrie" cu ochii.

Încă din 1970, cercetători americani au folosit electrozi implantați care puteau transmite surzilor anumite semnale sonore transformate în impulsuri electrice. Dar aceasta este numai o etapă spre o veritabilă „ureche artificială", racordată direct la nervul acustic și avînd posibilitatea de a excita selectiv celulele nervoase. Speranțele specialiștilor în acesta domeniu sînt legate de realizarea unui „multielectrod" care ar putea fi instalat în canalul urechii și pus în legătură cu un analizator de sunet, purtat după pavilionul urechii. Se crede că o asemenea realizare ar putea schimba radical situația unei numeroase categorii de surzi, a căror ureche internă a fost lezată sau distrusă.

La începutul lui 1981 în cadrul laboratorului de bionică al Universității din Moscova a fost construit un aparat compact care, aidoma omului, poate sesiza diferite mirosuri. Autorii aparatului au aplicat principiile după care funcționează membranele receptoare ale celulelor senzitive ale nasului. În contact cu moleculele unor substanțe, acestea își modifică sarcina electrică, modificare ce se transmite spre creier. În aparat sînt folosite membrane din polimeri sintetici. Modificările în sarcina lor electrică sub influența mirosurilor sînt prelucrate cu ajutorul unui ordinator, care transmite semnalul spre un dispozitiv de înregistrare automată.

3.2.2. TEHNICA BIOMATERIALELOR

În concordanță cu concepția largă, integratoare, adoptată în lucrarea de față cu privire la „bioinginerie", termenul „biomateriale" nu trebuie să fie înțeles în sens limitat de „materiale vii de origine biotică". Trebuie să înțelegem prin *biomateriale acele materiale produse de om, pe cale naturală (cu origine biotică), sintetică sau combinată, utilizate pentru*

înlocuirea parțială a unor părți afectate sau distruse ale organismelor vii, în scopul vindecării acestora.

Problema producerii unor materiale înlocuitoare a unor părți a organismelor vii, în special a organismului uman, a constituit obiectul unor ample cercetări. În legătură cu aceasta, în toamna lui 1978 la Paris se arăta că grație unor „piese de rezervă" interschimbabile, știința medicală este capabilă să înlocuiască un mare număr de organe ale corpului omenesc. Progresele chirurgiei, perfecționările tehnice în domeniul aliajelor, diversitatea maselor plastice, din ce în ce mai suple și mai rezistente, permit readaptarea la viață normală a unor persoane handicapate din naștere, ca urmare a unor accidente sau datorită unor boli. Se poate vorbi chiar de o adevărată „industrie a pieselor de schimb" pentru corpul uman. Pe lîngă marile întreprinderi de medicamente s-au creat secții speciale, care utilizează oțeluri inoxidabile, aliaje speciale, mase plastice, pentru a fabrica implanturi chirurgicale; siliconul este utilizat pentru înlocuirea articulațiilor degetelor la persoanele artritice; masele plastice slujesc la fabricarea de lentile artificiale pentru a reda vederea, precum și pentru fabricarea de rotule, urechi, fragmente osoase etc.

Problema principală este să se utilizeze materii prime suficient de neutre pentru a nu fi respinse de organismul uman. Astăzi aliaje de crom, de cobalt sau piese fabricate dintr-o combinație de metal și mase plastice sînt perfect acceptate și tolerate de organism. Astfel, articulațiile brațului, șoldului, cotului sau genunchiului ori ale degetelor de la mîini și picioare pot fi înlocuite prin articulații de metal și de plastic: capul articulației este, în general, din plastic, iar tija care o susține și care o sudează de osul natural este fabricată dintr-un aliaj metalic. Oasele brațului sau gambei pot fi parțial înlocuite printr-o placă metalică. O placă sau un grilaj metalic pot, de asemenea, înlocui peretele abdominal. Dacă pereții cutiei craniene au de suferit în urma unui traumatism sau unei operații, plăcile metalice, de asemenea, constituie un bun înlocuitor. În urologie, în cazul cînd canalele care fac joncțiunea între rinichi și vezică se blochează, ele pot fi înlocuite prin tuburi din plastic.

În ce privește chirurgia vasculară și cardiacă, anumite vase obturate datorită aterosclerozei sau din alte motive pot fi înlocuite prin tuburi de dacron. Valvele mitrale pot fi și ele înlocuite ușor printr-un minuscul dispozitiv metalic cu bilă sau disc. Dacă inima este obosită, ea poate fi reactivată cu

ajutorul unui stimulator cardiac — un mic dispozitiv funcţionînd pe bază de baterii normale, care necesită a fi reîncărcat la 2—3 ani, sau pe bază de baterii atomice, reîncărcabile o dată la un deceniu. Laringele poate să fie şi el înlocuit printr-un tub de plastic (dacron). O metodă nouă de implant după operaţia de cataractă permite înlocuirea cristalinului cu o lentilă specială din plastic, operaţie încă, ce-i drept, foarte delicată, dar care permite ca pacientul să-şi recapete aproape integral vederea.

Înlocuirea pavilionului urechii cu ajutorul maselor plastice a devenit o operaţie curentă. Se poate însă, totodată, modela un pavilion cu ajutorul cartilagiilor prelevate la nivelul coastelor şi acoperi cu pielea din jurul urechii. În anumite cazuri de surditate se montează un piston de plastic care permite pacientului să-şi recapete, parţial, auzul. Pentru reconstituirea nasului, bărbiei, pometilor se face apel, atunci cînd nu pot fi utilizate cartilagii ale persoanei respective, tot la mase plastice sau la metal.

Nu este departe ziua cînd folosirea „pieselor de schimb" va deveni o operaţie lesnicioasă şi necostisitoare.

La Institutul pentru chirurgie experimentală din Kiev au fost concepute şi introduse în practică (în 1980) valvule cardiace şi proteze de vase sanguine din material plastic, în structura cărora intră diverse antibiotice. Cu ajutorul acestor medicamente pot fi evitate inflamaţiile şi celelalte complicaţii ce apar cu ocazia implantării unor valvule cardiace din material sintetic şi alte proteze. Medicamentul înmagazinat în proteze îşi menţine eficacitatea timp de 10 zile.

„Biomaterialele" sînt deci produse care servesc la restaurarea sau înlocuirea unor ţesuturi vii care au avut de suferit din diferite cauze. Ortopedia este principala beneficiară a unor asemenea materiale, dar ele sînt utilizate, de asemenea, în chirurgia vasculară (valve cardiace, segmenţi arteriali), în confecţionarea unor instrumente de asistenţă funcţională (stimulatori cardiaci) etc. O conferinţă internaţională, care s-a ţinut în 1979 la Strasbourg, făcînd bilanţul realizărilor în domeniul „biomaterialelor", a constatat un şir de progrese importante, dar şi persistenţa unor probleme nerezolvate, legate de comportamentul substanţelor implantate şi de reacţiile organismului primitor. În Franţa, de pildă, un mare număr de persoane, victime ale fracturilor de femur, ajung în urma implantării unor proteze să-şi reia activitatea în condiţii spec-

taculoase, dar durata de funcționare a acestor proteze este doar de 10—15 ani. Cercetările continuă pentru remedierea carențelor și îmbunătățirea calității biostimulatorilor.

Problema creării unui înlocuitor al pielii naturale stă de mai multă vreme în atenția specialiștilor. Descoperirea unui produs artificial, care să înlăture strînsa dependență între cei ce au nevoie de un transplant și donatorii de piele, produs care să poată grăbi procesul însuși al vindecării unor grave leziuni ale pielii, este una dintre problemele importante ale chirurgiei moderne. În anul 1976 în Statele Unite au fost comunicate rezultatele cercetărilor întreprinse în această direcție de un grup de oameni de știință — chimiști și medici dermatologi. După studii care au durat mai mulți ani, ei au izbutit să creeze o piele artificială dintr-un amestec de hidrocarburi și albumine animale. În 86 de cazuri complicate, care au necesitat un transplant urgent, epiderma artificială s-a comportat bine. Autorii noului produs considerau însă că mai sînt necesare în continuare noi experimentări pînă se va ajunge ca metoda să poată fi aplicată în locul celei uzitate în prezent în mod curent. În felul acesta urma să fie rezolvată una din problemele importante ținînd de domeniul „cosmosului vieții".

Un preparat care înlocuiește provizoriu suprafața cutanată a corpului omenesc în caz de arsuri grave a fost realizat la Budapesta (în 1976). Este vorba de un țesut animal (piele de porc) sterilizat prin iradieri ionizante. În spitalele din Ungaria sînt tratate anual contra arsurilor 4—5 mii de persoane. Dacă suprafața cutanată este arsă în proporție de peste 30 la sută, există primejdia de deces. În aceste cazuri, „protezele", dacă se poate spune așa, din diferite materiale susceptibile să înlocuiască provizoriu funcțiile epidermei joacă un rol important. Țesutul din plastic nu are calitatea celui uman, iar țesutul uman se găsește în cantități foarte limitate și, în plus, implică pericolul respingerii. Or, noul preparat nu prezintă aceste inconveniente. La Budapesta au fost tratate, cu rezultate bune, prin noua metodă, mai multe sute de persoane.

Un „înlocuitor de piele umană" facilitînd îndeosebi tratarea arsurilor grave a fost pus la punct de un grup de cercetători din R.D.G., în 1979. Supranumită „syspurderm", această „piele" realizată dintr-o țesătură sintetică permite acoperirea și protejarea de infecții a porțiunilor afectate de

arsuri, pînă în momentul în care se pot realiza obișnuitele grefe de piele.

Cazurile de arsuri grave sînt adesea fatale, între altele deoarece apărarea naturală a organismului slăbește considerabil și nu mai pot fi combătute infecțiile bacteriene. Atunci cînd este folosită pielea animalelor ori a unor donatori ea este, în general, respinsă de organism în 3 pînă la 25 de zile. O echipă de cercetători din Boston a anunțat (în mai 1981), realizarea unui substituent al pielii alcătuit din țesuturi de animal, cartilaje de rechin și material plastic. Încununînd zece ani de cercetări, pielea artificială a fost folosită la 10 pacienți avînd între 3 și 60 de ani, toți cu arsuri de gradul trei pe mari porțiuni, constatîndu-se că nici o grefă n-a fost respinsă, iar zonele tratate nu s-au infectat. Aflată încă în stadiu experimental, pielea artificială va trebui supusă unor noi teste clinice, înainte de generalizarea noului tratament.

Medici americani au reușit să dezvolte un țesut celular „echivalent" al pielii omului. Primul transplant experimental pe om cu acest țesut celular a fost efectuat la Institutul de technologie din Massachusetts. Doctorul Eugene Bell, directorul programului experimental, a declarat (la începutul lui 1981) că este nevoie de o lună de zile pentru a face să crească o porțiune de 30 cm^2 din acest „echivalent" al pielii. Cultura respectivului țesut se face în laborator, pornind de la celule de piele provenite de la persoana căreia trebuie să i se efectueze transplantul. Contrar pielii artificiale, „echivalentul" de piele nu este supus fenomenului respingerii, a precizat dr. Eugene Bell.

O fetiță în vîrstă de 3 ani din R. F. Germania suferea de o deficiență congenitală rară, constînd în absența totală a cartilajului în ramura inferioară a traheei-artere. Sănătatea sa se deteriora rapid. Operațiile de întărire a traheii din interior, efectuate în cursul a șase spitalizări, n-au dat rezultate. Un chirurg de la spitalul de copii din Toronto (Canada) a procedat, în anul 1980, la introducerea unui tub sintetic de-a lungul unei secțiuni a traheei micii paciente, întărind astfel în mod artificial cartilajele defectuoase. Prin această intervenție, considerată ca o premieră chirurgicală mondială, viața copilului a fost salvată.

Pentru condiții improprii de operație, chirurgii nu vor mai fi nevoiți să îmbrace haine sterile și măști chirurgicale. Cîmpul operațional se acoperă cu o peliculă sterilă sintetică transparentă, iar chirurgul efectuează incizia sub această peli-

culă. Pelicula se lipeşte de marginile mesei de operaţie, protejînd bolnavii de acţiunile dăunătoare ale mediului înconjurător. „Camerele" sterile din peliculă de material plastic permit realizarea operaţiilor în orice condiţii (pe cîmp, în maşini, în avioane etc.). În urma aplicării noii metode, testată în anii 1979 şi 1980 la Institutul de medicină nr. 2 din Moscova, nu s-a înregistrat pînă în prezent nici o complicaţie postoperatorie.

Un laborator britanic a propus spre brevetare, în anul 1981, o membrană adezivă de poliuretan, ce va înlocui încopcierea şi cusăturile postoperatorii. Avantajele constau în faptul că membrana se poate aplica şi desprinde fără anestezie, în faptul că există o mai mare libertate de mişcare a pacientului, eliminîndu-se, totodată, riscul de infecţii survenite adesea la perforaţiile punctelor de cusătură. În plus, o serie de orificii dispuse în centrul membranei permit un mai bun drenaj al rănilor.

Cercetătorii sovietici au reuşit (în 1978) să menţină în viaţă timp de opt ore animale al căror sînge a fost complet înlocuit cu „sînge artificial". Acest substitut sanguin, purtător de oxigen, pus la punct de Institutul de hematologie şi transfuzii sanguine din Moscova, este un amestec pe bază de hemoglobină artificială, ale cărei molecule sînt de cîteva ori mai mari decît moleculele naturale. Înlocuitorul sanguin, purtător de oxigen, ar putea fi pus la punct şi deveni utilizabil în clinici în cursul deceniului actual. În paralel, ei au pus la punct emulsii de fluoruri de carbon — substanţe sintetice apte şi ele să îndeplinească funcţia de agenţi oxigenaţi. Animalele (pisicile), al căror sînge a fost înlocuit printr-o emulsie de fluorură de carbon, au supravieţuit 6—8 ore, iar cele al căror sînge a fost înlocuit în proporţie de 85% prin această emulsie şi-au regenerat în două săptămîni propriul lor sînge.

Tot la Institutul central de cercetări ştiinţifice în domeniul hematologiei şi transfuziei din Moscova a fost obţinut (în 1979) alt sînge sintetic. Cercetătorii au folosit pentru înlocuirea sîngelui natural compuşi organici ai fluorului de tipul *perfluorbutilamină.* Aceşti compuşi dispun de proprietăţi unice: pe de o parte sînt inerţi din punct de vedere biologic, adică nu sînt dăunători, iar pe de altă parte dizolvă foarte bine gazele, inclusiv oxigenul. Experienţele făcute cu animale au confirmat eficienţa perfluorbutilaminei. Sîngele unor şobolani pe care s-au făcut experienţele a fost înlocuit aproape integral

cu emulsie sintetică. După două săptămîni sîngele natural s-a refăcut, reconstituindu-se integral și numărul globulelor roșii.

La spitalul clinic al Universității din Minnesota a avut loc pentru prima dată în S.U.A. o operație în cadrul căreia s-a folosit un substitut artificial al sîngelui uman: produsul denumit *Fluosol-DA*, de proveniență niponă și experimentat deja cu succes în Japonia. Sîngele artificial îndeplinește aceleași funcții ca și cel natural, în plus are avantajul că poate fi folosit la orice transfuzie, indiferent de grupa sanguină a pacientului. Pacientului din spitalul de la Minnesota i s-a efectuat o transfuzie cu 2 litri de sînge artificial (în decembrie 1979), starea sănătății sale fiind mai mult decît satisfăcătoare. *Fluosol-DA* (care din punct de vedere al structurii chimice este o hidrocarbură ai cărei atomi de hidrogen au fost înlocuiți cu atomi de fluor) poate fi deosebit de util în cazurile de cataclisme naturale sau în oricare altă situație în care se creează necesitatea unor transfuzii considerabile de sînge, care depășesc rezervele de sînge natural.

În domeniul sîngelui artificial un succes deplin au obținut (în vara lui 1980) cercetătorii chinezi de la Institutul de chimie organică din Shanghai, care au realizat primele cantități de sînge artificial, utilizat cu succes în două cazuri de urgență de medicii spitalului Zhongshan, din același oraș. Substitutul de sînge — o emulsie de fluorocarbon — se comportă ca și sîngele natural, îndeplinind funcția de alimentare a organismului cu oxigen și de eliminare a bioxidului de carbon. El poate fi păstrat o perioadă de timp mai îndelungată decît sîngele uman și este utilizabil în transfuzii, unele tratamente și, poate, chiar în cazul anumitor boli ale sîngelui. Urmează ca în continuare să mai fie efectuate o serie de teste, pentru a se determina cu și mai multă precizie caracteristicile biologice, modul de conservare și tehnologia de producere a acestui sînge artificial.

Cea mai fină mașină de tricotat din lume a fost realizată (încă în 1976) la Institutul de tehnică textilă din orașul vest-german Reutlingen: 400 ochiuri pe centimetru pătrat! Trebuie precizat însă că mașina nu lucrează materiale destinate unor scopuri obișnuite: ea a fost concepută pentru „tricotarea" de vase sangvine artificiale, destinate implanturilor.

Oameni care, de ani de zile, sufereau de paralizie facială au fost vindecați (încă din anii 1975—1976) de chirurgii clinicii de specialitate a Facultății de medicină din Moscova. În locul părții paralizate a nervului facial, medicii au implantat bol-

navilor un fir de metal extrem de fin. Partea cea mai dificilă a fost alegerea metalului adecvat pentru nervul artificial. Din punct de vedere al electrotehnicii se ştie că nervul se comportă ca un conductor. Printre metalele experimentate s-au numărat aurul, platina, alte diferite metale şi aliaje. În cele din urmă medicii s-au oprit asupr tantalului — un conductor excelent şi bine suportat de ţesuturile umane.

Persoanele atinse de surzenie totală îşi vor putea redobîndi auzul graţie implantării de electrozi în urechi, a anunţat în anul 1977, la Universitatea din San Francisco, dr. Robert Schindler. El a precizat că noua „ureche" artificială permite „culegerea" sunetelor din exterior şi transmiterea lor directă către nervul auditiv. Doctorul Schindler a arătat că pînă acum aparate similare nu au dat rezultate, deoarece diferitele sunete, ajungînd la ureche în acelaşi timp, nu erau „selecţionte". Prin noua tehnică, experimentată pe animale, mai mulţi electrozi sînt implantaţi în „scară", la distanţe egale, pe nervul auditiv, astfel încît semnalele primite vor stimula diferitele părţi ale nervului, asigurîndu-se o diferenţiere a sunetelor.

Într-o lungă carieră în oftalmologie, doctorul român S. Norbert, medic primar la spitalul din Oradea, a redat vederea multor oameni, implantînd în ochii fără vedere cristalin artificial. În anul 1979 el a efectuat un asemenea implant de cristalin artificial, redînd vederea unui mecanizator de la Staţiunea de maşini agricole care suferise un accident.

Medici sovietici de la o clinică din Odesa sînt autorii unei performanţe chirurgicale: ei au efectuat cu succes (în 1980) o grefă de cornee artificială unui pacient ce-şi pierduse vederea în urmă cu 35 de ani. După unele nereuşite în ce priveşte transplanturile de cornee umană, din cauza fenomenului de respingere de către organismul primitorului a organului străin, grefa de cornee artificială este de natură să deschidă noi perspective oftalmologiei.

3.2.3. APARATURA AJUTĂTOARE ÎN MEDICINA

Bioingineria ca ştiinţă interdisciplinară şi multidisciplinară a favorizat apariţia şi perfecţionarea unor tehnici de realizare a unui întreg arsenal de aparatură medicală, utilizată astăzi în întreaga lume, cu consecinţe în scăderea mortalităţii, creşterea longevităţii, eliminarea sau uşurarea suferinţelor celor bolnavi.

Aparatura ajutătoare se utilizează astăzi în lume în cele mai diferite scopuri medicale. În acest paragraf, considerînd că principalele domenii în care se utilizează aparatura respectivă sînt: medicina preventivă, diagnostica medicală, terapeutica şi medicina post-terapeutică şi curativă, vom aduce exemple care să demonstreze tocmai această utilizare.

În grupajele de exemple respective vom prezenta şi cazuri care să demonstreze că şi în România, pe această linie, s-au înregistrat o serie de progrese remarcabile, ceea ce arată pe de o parte importanţa ce se acordă utilizării procedeelor ştiinţifice şi tehnice celor mai avansate în protejarea sănătăţii omului, iar, pe de altă parte, perspectivele de dezvoltare ale acestui domeniu medico-inginerese în România.

Într-adevăr, în ţara noastră perfecţionarea producerii de aparatură medicală va fi stimulată de documentele directoare ale dezvoltării economico-sociale. Astfel, în Programul privind cercetarea ştiinţifică şi dezvoltarea tehnologică, adoptat de Congresul al XII-lea al P.C.R., se arată că „Se vor efectua studii complexe ... în vederea realizării ... de aparatură medicală perfecţionată" [3].

În lume în domeniul aparaturii medicale s-au obţinut salturi spectaculoase.

A) *În domeniul medicinei preventive:*

În prevenirea alergiilor, utilizînd aparatură specializată, s-au obţinut unele succese. Astfel, cu ajutorul aparatului denumit „Reţeptor", creat la Institutul de cercetări ştiinţifice pentru experimentarea biologică a produselor chimice din Moscova se pot analiza zilnic peste 100 de substanţe pentru a se vedea dacă există pericolul producerii unor alergii. Produsul de analizat intră în contact cu un fragment de ţesut muscular care are o activitate biologică foarte intensă, în măsură să reflecte răspunsurile organismului la diferiţi factori nefavorabili, inclusiv reacţiile alergice. În cazul cînd muşchiul se contractă înseamnă că preparatul analizat este de natură să producă o stare alergică, iar dacă rămîne imobil înseamnă că preparatul poate fi luat în considerare ca prototip al unui viitor medicament neprimejdios pentru organism. Cu ajutorul „Reţeptorului" se poate studia, de asemenea, influenţa substanţelor radioactive, a curentului electric, a cîmpului magnetic asupra organismului uman.

— *În domeniul analizelor:* specialiştii unei firme din München au conceput un aparat — de mărimea unui calcu-

lator de buzunar — cu ajutorul căruia se poate efectua analiza sîngelui chiar la locul unui accident, în sala de operație sau la patul bolnavului. Remarcabilă este „operativitatea" aparatului: minilaboratorul stabilește cantitatea de hemoglobină și numărul globulelor roșii în numai un minut.

Procedeele de prevenire a oboselii organismului uman pot fi considerate ca aparținînd tot medicinii preventive. În Japonia a fost pus la punct un dispozitiv care înlătură oboseala. Este vorba de un cerc avînd o porțiune metalică ce se așază pe frunte. Metalul este străbătut de un curent electric slab, care produce un efect răcoritor. În felul acesta dispare, de pildă, somnolența șoferului aflat la volan (aparatul se poate branșa la dispozitivul de aprindere al brichetei) sau oboseala studentului care „tocește" înainte de examen. În plus, nu există nici un fel de efecte secundare, așa cum se întîmplă cu excitantele chimice.

— *În domeniul stomatologic:* în S.U.A., la centrul din Rochester se utilizează un tratament de prevenire a cariilor, prin utilizarea unei periuțe de dinți electrice, care îndepărtînd, în cîteva secunde, depozitele solide de pe dantură împiedică formarea florei bacteriene care produce carii.

Pentru meritele deosebite în descifrarea tainelor corpului omenesc cu ajutorul fotografiei, suedezul Lennart Nilsson, de la spitalul „Karolinska" din Stockholm, a fost distins, în anul 1976, cu titlul de doctor honoris causa al Facultății de medicină din capitala Suediei. Au devenit celebre în întreaga lume asemenea „premiere" fotografice — realizate de iscusitul fotograf cu ajutorul unor camere de construcție proprie — cum ar fi cele reprezentînd inima, arterele, evoluția intrauterină a unui fetus. De asemenea, datorită imaginilor mărite ale celulelor, oncologii au putut face unele constatări de un deosebit interes în ce privește mecanismul producerii cancerului.

Pentru a controla starea de sănătate sau pentru a interveni în anumite boli, specialiștii niponi au realizat, în ultimii ani, așa-numitele mașini medicale individuale. Una din acestea este destinată supravegherii ritmului cardiac. Este vorba de un aparat în lungime de 10 cm, lat de 7 cm, și înalt de 2,8 cm, care verifică ritmul bătăilor inimii, ritmul respirației, precum și alți parametri vitali. Toate aceste date sînt proiectate pe un ecran cu afișaj digital. Aparatul are autonomie de funcționare de 34 ore.

Michael Mirowski de la „Sinai Hospital" din Baltimore S.U.A., a realizat un defibrilator portativ (în greutate de

255 g), care se implantează sub pielea pacientului respectiv, în zona costală. Aparatul urmăreşte în permanenţă funcţionarea inimii. La cea mai mică dereglare, sau în caz de stop cardiac, el emite automat un număr de implusuri care repun cordul în funcţiune, evitînd astfel decesul, practic inevitabil,

Fig. 30. — Reanimator cardiac automat portativ

al pacientului, dacă nu se găseşte în apropierea unui spital prevăzut cu un defibrilator clasic, de dimensiuni mult mai mari.

Specialiştii americani au realizat în premieră un reanimator cardiac automat portativ (fig. 30).

Cînd o persoană este bănuită de accident cardiac, i se plasează pe piept electrozii aparatului. După numai cîteva secunde aparatul intră în funcţiune; în caz că „descoperă" că inima este în stare de fibrilaţie, el declanşează automat un şoc electric, ceea ce constituie, aşa cum este ştiut, terapeutica clasică. În cazul cînd bătăile inimii sînt tot slabe, emite un curent electric în ritmul de 72 pulsaţii pe minut. Aparatul se dovedeşte a fi deosebit de util, în special pompierilor aflaţi la locul unui sinistru, pentru reanimarea persoanelor asfixiate.

Specialiştii americani au realizat un dispozitiv de înregistrare a activităţii cardiace de dimensiuni foarte mici, care este amplasat în carcasa unui ceas-brăţară. Ceasul respectiv este prevăzut cu două ecrane de afişaj: pe primul apare ora, minutul şi secunda, ca la orice ceas electronic cu afişaj digital; pe cel de-al doilea apare însă pulsul posesorului de ceas, precum şi eventuale schimbări în ritmul cardiac. Pentru aceasta

este suficient ca posesorul ceasului să apese pe un mic buton şi să pună degetul mic pe un microsenzor, încorporat în carcasa ceasului.

B) *În domeniul diagnosticii medicale:*

Pentru diagnostica medicală ştiinţele şi tehnicile inginereşti pun astăzi la dispoziţie o gamă largă de aparatură diversificată. Se poate afirma că, în medicina modernă, diagnosticarea este de neconceput în lipsa aparaturii larg diversificate. Această aparatură are utilizare în cele mai felurite zone ale diagnosticii medicale.

— *În diagnostica generală:*

Medicina modernă cunoaşte astăzi cît de valoroase pot fi, în precizarea unui diagnostic, indicaţiile privind temperatura şi rezistenţa superficială a pielii. Prin măsurarea lor se pot urmări modificările funcţionale — normale şi patologice — în ţesuturile organismelor. Biotest-ul, imaginat şi realizat de dr. Ioan Mogoş, conf. dr. ing. Paul Cristea şi asistent ing.

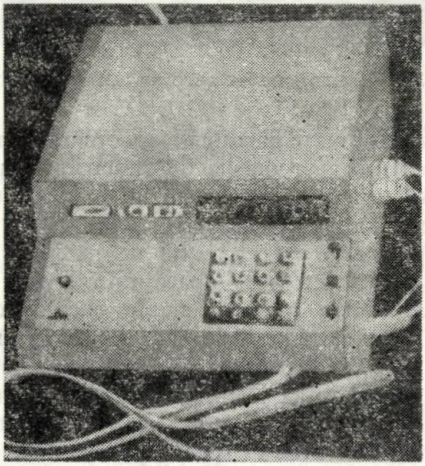


Fig. 31. — Aparatul de diagnosticare generală „biotest" realizat în R.S.R.

Rodica Tuduce de la Facultatea de automatică, Institutul Politehnic, permite aceasta, prezentînd, faţă de aparatele cunoscute pînă acum, o serie de avantaje.

Pentru a face faţă lipsei acute de medici (un medic la 27 000 locuitori), în Indonezia se recurge la serviciile unui

satelit artificial denumit „Palapa". În acest scop, la Djakarta este amenajat un centru medical dotat cu specialişti pentru fiecare ramură a medicinii. În întreaga ţară circulă „inspectori medicali" care au posibilitatea să contacteze centrul prin satelit; ei expun simptomele constatate şi primesc imediat răspunsul, respectiv diagnosticul specialistului de la centru precum şi tratamentul ce urmează a fi aplicat.

În S.U.A. şi în Canada este utilizat, de mai mulţi ani, un aparat care poate fi manevrat şi de nespecialişti, care stabileşte, în decurs de 7 min. şi redă în limbaj codificat, 5 caracteristici fiziologice ale pacientului: presiunea arterială, funcţionarea cordului (prin electrocardiogramă), greutatea corporală, corpolenţa, înălţimea, pe baza cărora medicul depistează o serie de maladii.

Întreprinderea vest-germană AGFA a perfectat (în 1981) o nouă tehnologie Röntgen care va permite nu numai reducerea masivă a radiaţiilor la care sînt supuşi bolnavii, ci şi însemnate economii. În plus, calitatea imaginii pe care o oferă modelul de probă este mai bună decît cea a aparatelor Röntgen tradiţionale. Modul de funcţionare al noului aparat se bazează pe principiul aşa-numitei „electroradiografii": la un aparat pentru diagnoză pulmonară, de exemplu, razele Röntgen produc particule încărcate cu gaz aflat sub presiune, iar modul în care ele se repartizează pe o folie oferă imaginea optică a plămînului.

La o clinică din Berlinul occidental a intrat (în 1979) în funcţiune un aparat de diagnosticare pe bază de ultrasunete, care permite perceperea mişcărilor din interiorul corpului, fără ajutorul razelor X. Este recomandabil mai ales în consultarea femeilor gravide, pentru diagnosticarea unor boli ale ficatului, pancreasului, splinei, rinichilor, pot fi constatate şi localizate tumorile, calculii renali, precum şi pentru aplicarea unor tratamente mai complicate.

Uzina pentru aparatură de laborator din Ilmenau (R.D.G.) a elaborat (în 1977) proiectul unui automat pentru analiza sîngelui. Cu o singură doză de sînge, aparatul efectuează opt analize diferite. Datele sînt prelucrate de echipamentul electronic al automatului, iar rezultatele apar scrise la maşină. Astfel, lucrările de laborator sînt substanţial simplificate şi concluziile mai precise.

— *În oncologie:*

În Cehoslovacia a fost realizat şi pus în funcţiune (în 1979) un aparat menit să descopere, la timp, maladiile cance-

roase, făcînd astfel inutile biopsiile. Pentru investigații, care dealtfel sînt simple și deloc dureroase, se utilizează un anumit tip de electrozi aplicați pe locul unde se presupune că s-ar fi putut forma un început de metastază. Prin înmulțirea celulelor canceroase, caracteristicile țesutului afectat se schimbă, fenomen care poate fi descoperit cu ajutorul noului aparat. Pentru verificarea metodei la clinica terapeutică a Facultății de medicină de pe lîngă universitatea pragheză s-au efectuat numeroase experiențe. Rezultatele obținute au dovedit că diagnosticul se stabilește cu exactitate de 99%. Noua instalație — experimentată și în chirurgie, ginecologie, stomatologie — este fabricată în serie la întreprinderea „Tesla".

Razele X sînt adesea folosite pentru a depista cancerul la începutul dezvoltării sale. Cum însă ochiul omenesc, oricît de antrenat, nu distinge decît 32 de nuanțe de gri, inginerii de la NASA au construit (încă din 1977) un „ochi" artificial, destinat inițial pentru analiza imaginilor transmise de sateliți, dar care poate citi radiografiile. Acest aparat distinge nu mai puțin de 256 de nuanțe de gri. „Ochiul" artificial analizează imaginea, linie cu linie, transmițînd informațiile unui ordinator care clasează nuanțele și le restituie ochiului uman sub formă perceptibilă stabilindu-se astfel mai exact diagnosticul.

Mai multe întreprinderi americane de specialitate întreprind cercetări asidue în vederea comercializării, pînă la sfîrșitul deceniului, a ceea ce se afirmă a fi una dintre marile reușite în domeniul aparaturii medicale: aparate individuale de detectare a cancerului. Primele aparate vor fi lansate pe piață în 1985, însă nu vor putea detecta decît anumite tipuri de cancer (al sînului și laringelui).

— *În cardiologie:*

La Clinica universitară neurologică din Innsbruck a avut loc (în 1979) o demonstrație clinică cu aparatul denumit Echoflow (un scanner ale cărui imagini permit măsurarea vitezei sîngelui care circulă în carotidă). Măsurarea se face cu ajutorul ultrasunetelor și nu comportă nici un fel de pericol pentru pacient. Noul aparat oferă o metodă sigură și rapidă pentru detectarea precoce a unor iminente atacuri de apoplexie.

La noi, ing. Vrînceanu, în urmă cu mai mulți ani și mai apoi specialiștii din R. P. Bulgaria au construit aparate originale care permit efectuarea electrocardiogramelor prin telefon, evitîndu-se deci, în cazurile de infarct, orice risc legat de deplasarea pacientului. Emițătorul aparatului captează impul-

surile inimii bolnave, le transformă în semnale fonice şi le transmite prin telefon centrului cardiologic unde un receptor le reproduce grafic.

Specialiştii sovietici au creat un sistem original denumit „Almaz-1" pentru transmiterea la distanţă a electrocardiogramelor, prin canale mixte de radio-telefon, din orice punct al oraşului sau chiar din alte oraşe ale ţării. Dispozitivul, împreună cu două posturi portabile de radioemisie, încape într-o valijoară ce cîntăreşte maximum 5 kg. După recepţionarea şi descifrarea electrocardiogramei, specialiştii de la centrele de cardiologie pot comunica diagnosticul şi da recomandările necesare medicului care se află în clipa respectivă lîngă bolnav.

Mai multe sute de cardiologi francezi au organizat, în vara lui 1981, o largă dezbatere asupra unei noi tehnici de diagnosticare a maladiilor cardiace, ecocardiografia. Noua tehnică se bazează pe principiul „sonarului", un dispozitiv cu ultrasunete utilizat pentru prima dată în timpul celui de-al doilea război mondial, care, folosind principiul ecoului, semnala prezenţa submarinelor inamice, proiectîndu-le contururile pe un ecran. Este de ajuns ca pe cutia toracică a pacientului să se plaseze un emiţător-receptor de ultrasunete şi inima apare instantaneu pe un ecran. Potrivit concluziilor specialiştilor francezi, „fotografiind" inima în diversele ei faze de funcţionare, ecocardiografia furnizează informaţii de cea mai mare importanţă, completînd datele obţinute cu ajutorul electrocardiogramei. În plus, noua tehnică este absolut inofensivă, spre deosebire de investigaţiile cu ajutorul razelor X, ceea ce constituie un avantaj.

Particularitatea ultrasunetelor de a fi reflectate în mod diferit de fiecare ţesut în parte a fost folosită, în cadrul laboratorului de aparate medicale al Institutului din Leningrad pentru curenţi de înaltă frecvenţă, pentru crearea de aparate care ajută la diagnosticarea unor boli cardio-vasculare. Explorarea cordului cu ultrasunete permite obţinerea unui tablou al modului cum funcţionează inima, pe imagine putîndu-se vedea bine grosimea pereţilor compartimentelor cordului şi modul cum lucrează ele. Pot fi observate, de asemenea, semnele timpurii ale anevrismelor, tumorilor, începuturilor de calcifiere a muşchilor cardiaci ş.a. Senzorii utilizaţi pentru explorarea cu ultrasunete a cordului sînt reuniţi într-un sistem compact portativ. Rezultatele acestui examen se înregistrează pe o bandă de videomagnetofon şi pot fi re-

văzute în timpul tratamentului. Noua metodă de explorare a cordului (inaugurată în 1980), permite precizarea şi verificarea datelor obţinute cu ajutorul electrocardiogramei şi al razelor X.

Pentru stabilirea unui diagnostic mai exact în cazul bolilor cardiace, oamenii de ştiinţă britanici au pus la punct un sistem care permite o mai îndelungată ţinere sub observaţie a pacienţilor. Eficienţa acestui nou sistem a reieşit în urma unui experiment de amploare, în cadrul unei clinici din Londra: dintre cele 130 de paciente, considerate sănătoase în urma examenului clinic, 114 s-au dovedit, totuşi, potrivit aparatului portativ de diagnosticare, ca avînd afecţiuni cardiace. Este vorba de un minielectrocardiograf ce poate fi purtat într-o poşetă. Prin intermediul unor electrozi care sînt aşezaţi pe pieptul pacientei, aparatul ţine sub observaţie inima pe parcursul unei zile întregi, electrocardiograma realizată fiind mult mai concludentă decît cele obişnuite. A reieşit că cel puţin două din paciente se aflau în pericol de moarte, avînd nevoie de stimulatoare cardiace; 112 aveau nevoie de tratament medicamentos şi numai 16 erau pe deplin sănătoase.

— *În oftalmologie:*

Un sanatoriu pentru afecţiuni de ochi, situat într-un mic castel la Nové Zámky u Hostinné din Boemia centrală, dispune de cele mai moderne aparate de investigaţie. Printre acestea se numără şi echipamentele ce permit fotografierea, în culori, a retinei, ceea ce oferă un maximum de precizie pentru stabilirea diagnosticului şi urmărirea evoluţiei sub tratament. Dar, fără îndoială, nu este singurul punct de interes ştiinţific pentru bolnavii care îşi fac aici tratamentul şi, îndeosebi, pentru specialiştii veniţi din multe ţări ale lumii. Cele 80 de paturi ale sanatoriului sînt ocupate în permanenţă. Durata medie a unei spitalizări este de aproximativ 3 luni.

— *În otorinolaringologie:*

La clinica O.R.L. a Universităţii din Jena (R.D.G.) a fost inventat şi patentat (în 1981) un aparat de cercetare obiectivă a vocii. Fără a solicita prea mult pacientul sau medicul, „Voxfunktiograph"-ul permite obţinerea unui mare număr de date, care apoi sînt evaluate de un calculator, furnizînd indicaţii sigure pentru stabilirea diagnosticului.

— *În stomatologie:*

În S.U.A. se utilizează o instalaţie holografică cu laser în scopuri stomatologice. Fotografierea tridimensională a ca-

vităţii bucale prezintă avantajul de a înlesni diagnosticarea mai precisă a afecţiunilor dentare, iar coroanele şi punţile dentare pot fi realizate cu mai multă rigurozitate deoarece datele holodentografiei sînt interpretate de un calculator care dirijează o instalaţie specială de confecţionare a formelor, după care se toarnă obiectele respective.

C) *În terapeutică:*

Ştiinţele şi tehnicile inginereşti au creat o gamă diversificată de aparatură medicală care, utilizată în terapeutică, conferă acesteia o înaltă eficacitate în combaterea stărilor patologice.

— *În anestezie:*

Cercetătorii de la Institutul de medicină şi de la catedra de radiotehnică a Institutului de aviaţie din Kuibîşev au recurs la stimularea electrică a unor terminaţii nervoase pentru obţinerea de anestezii eficiente. Pe pielea bolnavilor au fost plasaţi electrozi prin care s-a trecut un curent provenit de la un generator special, atît de mic încît poate fi transportat în mînă. După 15—20 de min., durerea dispare complet, timp de 3—4 ore, după care şedinţa de anesteziere poate fi repetată. Experimentată (pînă în anul 1979) asupra unor pacienţi operaţi pe cord, plămîni, abdomen etc. noua metodă n-a fost însoţită de nici un fel de fenomene secundare.

În loc de injecţii sau pilule, stomatologii chinezi din oraşul Ghangs recurg la un procedeu inedit de anesteziere, în cazul lucrărilor dentare dureroase: slabe şocuri electrice. Pe mîini, cît şi pe lobul unei urechi sînt aplicaţi magneţi cu ajutorul cărora se dirijează curentul electric în corpul pacientului. Această originală metodă, concepută ca o alternativă la acupunctură, elimină unele neajunsuri ale anesteziei obişnuite, ca de pildă reacţiile alergice, şi diminuează totodată pierderile de sînge.

Un nou procedeu de anestezie electromagnetică pentru extracţia de dinţi a fost pus la punct şi experimentat cu succes în China. Pacientul primeşte şocuri electrice uşoare prin mijlocirea a trei pastile magnetice fixate pe urechi şi pe mîini, aflate în legătură cu instrumentul dentar propriu-zis. Circulînd prin corp, curentul anesteziază locurile sensibile ale gurii. Metoda este folosită, în special, pentru pacienţii cu tensiune arterială, cu afecţiuni cardiologice, cu alergii, atît la copii, cît şi la vîrstnici. Ambele metode de anestezie au fost elaborate şi experimentate pînă în 1979.

— *În chirurgie:*

O intervenţie chirurgicală neobişnuită a fost efectuată (la începutul lui 1980) la spitalul parizian Cochin. Pacientul — un nou-născut prematur, care cîntărea 760 g — a trebuit să fie operat de o malformaţie cardiacă. Copilul suferea de ceea ce se numeşte „persistenţa canalului arterial" care, în timpul vieţii intrauterine, leagă artera pulmonară cu aorta; acest canal trebuie să se închidă de la sine în primele zile după naştere, în caz contrar, sîngele din venă, neoxigenat, se amestecă cu cel arterial. Întrucît sugarul nu putea fi transportat într-un alt serviciu al spitalului în vederea efectuării intervenţiei, operaţia a fost făcută chiar în incubatorul în care prematurii sînt ţinuţi pînă la atingerea unei greutăţi normale.

Se ştie că dacă atingem cu mîna udă un obiect metalic pe timp de ger degetele se lipesc imediat de metal. Luînd în considerare acest fenomen, specialiştii sovietici au conceput şi pus la punct (1979) un aparat destinat operaţiilor pe ochi. Aparatul dispune de un bloc de comandă transportabil într-o mică valiză. Pe acelaşi principiu s-a realizat o sondă, pentru hipotermia locală a creierului, de forma unui stilou care în loc de peniţă are un mic „generator de frig"; noul instrument răceşte anumite porţiuni ale creierului. În afară de aparate medicale s-au realizat „frigidere" electronice cu diverse destinaţii. De pildă, termostatele „Bioterm" ajută pe cercetătorii cosmici să menţină o temperatură constantă în timpul experienţelor medico-biologice.

Specialiştii sovietici au creat o instalaţie chirurgicală cu ultrasunete în care bisturiul este înlocuit cu un ac special, care, în funcţie de natura intervenţiei chirurgicale, poate fi mai subţire decît un fir de păr. În instrument, impulsurile electrice se transformă în ultrasunete. Sub influenţa ultrasunetului toate ţesuturile biologice se desfac, iar vasele sanguine se obturează. Oftalmologii au fost primii care au folosit cu succes instalaţia descrisă mai sus. Acum ultrasunetele se folosesc şi în operaţii ortopedice; pus la punct şi experimentat, noul instrument va fi folosit şi în alte domenii ale chirurgiei.

Cercetătorii de la Institutul de medicină din Kalinin, U.R.S.S., au elaborat o nouă metadă de operaţii estetice în cazul unor traumatisme ale oaselor feţei. Pînă în 1980 pentru o astfel de operaţie trebuia tăiată pielea, introduse proteze din plastic pentru părţile deteriorate, implantîndu-se apoi bucăţi de ţesut prelevate din altă parte a cordului. Cu ajuto-

rul unui aparat încărcat cu o peliculă de plastic, chirurgii din Kalinin introduc granule de plastic direct sub piele, după care fiecare granulă se acoperă treptat, în mod natural, cu țesut înlăturînd defectul facial.

Domeniile de aplicare a laserilor sînt din ce în ce mai variate. În medicină ei s-au impus mai cu seamă datorită acțiunii hemostazice instantanee (în operațiile pe organe intens vascularizate, intervenția laserului îndepărtează pericolul hemoragiilor). Specialiștii clinicii oftalmologice a Universității din München se preocupă de introducerea laserului în operațiile vasculare — extrem de migăloase, dificile și de durată — unde această perfecționare a tehnicii ar îndepărta riscurile pe care metodele curente de sudare sau coasere sub microscop a vaselor sanguine le implică.

După o tromboză, vasele capilare care alimentează artera coronariană sînt adesea obstrucționate, existînd pericolul unei necroze în perioada de 6 pînă la 12 ore care succede atacului. În felul acesta, viața pacientului este în pericol pentru că sîngele nu mai „hrănește" inima. O fiziciană aus-

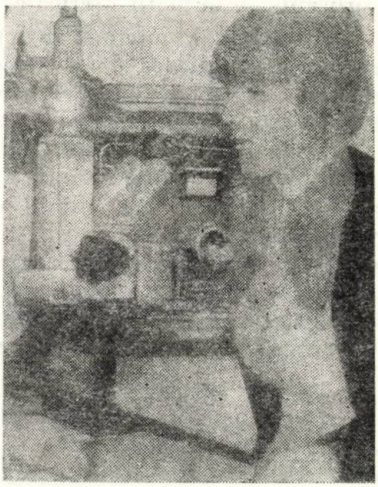


Fig. 32. — Dispozitiv laser cu gaz carbonic pentru „forare" în țesuturi capilare

traliană, Helen Ward, a pus la punct un dispozitiv laser cu gaz carbonic (fig. 32) care permite să se „foreze" în țesutul capilarelor orificii cu diametru de un milimetru. În scurt timp, capilarele se regenerează, înlăturîndu-se orice pericol pentru viața pacientului.

Medici şi tehnicieni americani angajaţi în cercetări spaţiale au realizat un dispozitiv electronic care, implantat sub pielea pacientului, poate provoca anestezia locală, în anumite organe sau zone ale corpului, în funcţie de comenzile transmise prin radio. Dispozitivul poate acţiona şi ca stimulator al activităţii neurologice, inclusiv în scopul reglării impulsurilor nervoase sau al anihilării impulsurilor involuntare. Aparatul, de dimensiuni mici, este astfel conceput încît să poată fi purtat de pacienţii supuşi unei intervenţii chirurgicale, atît cît este necesar în perioada postoperatorie, precum şi în cazul unor maladii nervoase. El este dotat cu baterii minuscule, care sînt utilizate în mod obişnuit în sistemele de telecomunicaţii ale sateliţilor, şi pot fi reîncărcate prin plasarea (cîteva minute) unui generator special de cîmp magnetic, deasupra locului unde este implantat.

Pentru a controla, în permanenţă, procentajul de oxigen din sînge în timpul operaţiei, specialiştii francezi folosesc un captator în miniatură, montat în vîrful unui cateter care se introduce în vasele sanguine. Captatorul, prin intermediul unei membrane permeabile la oxigen, poate furniza permanent chirurgului informaţii preţioase.

În anul 1981 medicii sovietici au început să utilizeze laserul pentru tratarea persoanelor care au suferit arsuri grave. Medicul începe operaţia printr-o incizie executată în jurul zonei afectate, pe întreaga adîncime a plăgii; incizia se face cu raza laser care are proprietatea de a tăia ţesutul, dar, în acelaşi timp, de a „suda" vasele sanguine, diminuînd considerabil pierderile de sînge. Faptul are o mare însemnătate, întrucît în condiţiile intervenţiilor chirurgicale clasice la arsuri, bolnavii pierd o mare cantitate de sînge. Practica a demonstrat că operaţia realizată cu raza laser asigură şi o bună sterilizare a zonei operate. Întreaga intervenţie chirurgicală cu ajutorul laserului durează cîteva minute.

— *În cardiologie:*

În ultimul timp, în Shanghai, medicii chirurgi au practicat, cu rezultate bune, peste 100 de operaţii pe cord deschis, anestezia fiind realizată prin acupunctură, funcţiile cordului şi ale aparatului respirator fiind preluate temporar de un aparat înlocuitor inimă-plămîn. De asemenea, în selectarea punctelor active se utilizează calculatorul. În prezent numărul unor asemenea operaţii este mult mai mare.

Arsenalul tehnicii microchirurgicale s-a completat (în 1980) cu un aparat pentru sutura vaselor, pus la punct de

specialiştii Institutului de medicină din Leningrad. Aparatul uşurează realizarea celor mai complexe operaţii pe vasele cordului; prin folosirea lui nu mai este necesară oprirea cordului şi cuplarea dispozitivului de circulaţie artificială. Aparatul dispune de un sistem cu vid, care pregăteşte vasele pentru sutură. Pentru operaţiunea respectivă sînt necesare doar 5 min. în loc de 25, cîte erau necesare mai înainte.

— *În urologie:*

Într-unul din sanatoriile oraşului Yalta funcţionează, pentru bolnavii de rinichi, o instalaţie numită climatotron: o termocentrală închisă în care se menţine permanent o temperatură uscată de 35—40°; bolnavii stau înăuntru cîte 6 ore la fiecare şedinţă, pierzînd cîte 3—4 kg din greutate; în acest răstimp li se administrează o cantitate anume de ceai de măceş, controlîndu-li-se, din oră în oră, pulsul, tensiunea, greutatea. Cura durează 48 de zile. Climatotronul ajută rinichii, care nu-şi mai pot îndeplini cum se cuvine rolul de „filtru", să restabilească circulaţia normală a sîngelui, să-şi amelioreze funcţionarea în general.

— *În oncologie:*

Specialişti de la spitalul „Karolinska" din Stockholm au pus la punct o tehnică originală (1979) de distrugere a tumorilor maligne cu ajutorul electricităţii. Tratamentul se bazează pe folosirea a doi electrozi fini de platină: unul este introdus în tumoare, celălalt în ţesutul învecinat sau într-un vas sanguin situat în apropiere, după care o tensiune de 10 volţi face să circule curent electric între cei doi electrozi. Desfăşurarea tratamentului este urmărită cu ajutorul unui aparat Röentgen.

După un astfel de tratament, care durează între 1 şi 4 ore, tumoarea este complet distrusă, iar ţesutul din jur se cicatrizează perfect. Noua metodă este recomandată mai ales în completarea tratamentelor clasice ale cancerului la plămîni şi ale altor forme de cancer greu operabile.

— *În oftalmologie:*

După cercetări intense, care au durat peste două decenii, la clinica din Münster — R.F. Germania, a fost pus la punct, în primii ani ai deceniului al 8-lea, un procedeu de măsurare precisă, cu ajutorul ultrasunetelor, a imaginilor retiniere în cazurile de cataractă şi apoi la stabilirea unor formule cu ajutorul calculatorului numeric, care permit să se asigure, după operaţie, o corecţie precisă a vederii la ambii ochi.

Capitole ale fizicii, cum sînt mecanica de precizie și optica, au astăzi un rol important în crearea tehnicilor ajutătoare în terapeutică. Cu ajutorul fotocoagulatorului a devenit astfel posibilă sudarea nesîngeroasă a retinei dezlipite, iar în examenele oftalmologice se utilizează, din ce în ce mai mult, fotoflashul, proiectat pe retină, pentru a se recunoaște permeabilitatea capilarelor în caz de diabet zaharat.

— *În stomatologie:*

Protezele actuale nu mai prezintă, desigur, problemele de instabilitate ale lucrărilor dentare de odinioară. Este indicat totuși ca dentistul să aibă grijă ca elementele de ancorare ce servesc la stabilizarea protezei să nu compromită starea dinților naturali pe, care aceasta se sprijină. Trebuie deci măsurată mobilitatea acestor dinți-piloni. În acest scop, secția de medicină dentară a facultății din Geneva a conceput și pus la punct (1979) un dispozitiv electronic de palpare care se introduce în gura pacientului și permite măsurători comparative, de la un test la altul. Dentistul poate astfel urmări în timp evoluția mobilității dintelui înainte de instalarea protezei și apoi, la intervale regulate, după instalarea ei.

— *În ortopedie:*

Biologii știau de mai multă vreme că electricitatea poate influența metabolismul unei celule vii. Un specialist de la Universitatea Columbia din New York a găsit (1979) o aplicare practică a acestei constatări, reușind să asigure sudarea fracturilor de tibia cu ajutorul curentului electric. În acest scop se introduce, între părțile osoase care urmează să fie sudate, un dispozitiv electromagnetic branșat la o priză de curent, timp de 12 ore pe zi. Tratamentul are inconvenientul că durează mai multe luni, dar rezultatele sînt foarte bune. Într-o experiență efectuată pe 285 pacienți reușita a fost de 76%.

— *În alte tratamente medicale:*

În scopuri medicale, cercetătorii francezi au realizat un nou tip de baie, prevăzută cu un computer, care reglează temperatura, presiunea și poziția jeturilor de apă, în funcție de electrocardiograma pacientului; se evită astfel orice fel de accidente neprevăzute. Același sistem permite realizarea de masaje și pentru persoane sănătoase, stabilind programe individuale, în funcție de caracteristicile fiziologice ale fiecăruia.

Un grup de medici și ingineri din Moscova au creat un aparat denumit „Elektronarkon-1", care realizează anestezierea cu ajutorul curenților electrici slabi. Aparatul își găsește

aplicații în diferite domenii ale medicinii, cum ar fi neurologia, obstetrica, traumatologia și altele. Curenții slabi ajută nu numai la diminuarea durerilor, ci anulează și oboseala musculară a persoanelor care efectuează munci grele, precum și a sportivilor.

O echipă de medici din Toronto a dat o utilizare neobișnuită stimulatorilor; este vorba de un aparat derivat din stimulatorul cardiac, care funcționează pe principiul acestuia, dar acționează asupra sistemului muscular; ei au tratat cu rezultate bune scolioza infantilă pronunțată, implantînd stimulatori în mușchii dorsali, susținători ai coloanei vertebrale: noaptea cînd copiii dorm, prin intermediul unui radioemițător sînt declanșați stimuli electrici, care au ca efect întărirea musculaturii.

Pentru tratarea celor mai diverse dureri cronice, în S.U.A. s-a experimentat de mai mulți ani metoda stimulării electrice, care constă în implantarea unor electrozi fie în coloana vertebrală, fie pe nervii periferici; pacientul își activează singur electrozii, cu ajutorul unui emițător radio. Potrivit specialiștilor, această nouă tehnică, prin care durerile pot fi calmate în proporție de 70—90%, va permite bolnavilor să renunțe la folosirea analgezicelor și să ducă o viață normală.

Tratamentele homeopatice, folosite pe scară tot mai largă, sînt deopotrivă complexe și delicate; pentru a facilita aplicarea lor, specialiștii francezi recurg la ajutorul computerilor. În acest scop, în memoria mașinilor se introduc simptomele unui mare număr de maladii și cantitățile minime de medicamente corespunzătoare acestora. Este suficient ca medicul să introducă în memoria computerului simptomele pacientului respectiv, pentru ca mașina să indice, practic instantaneu, remediile necesare și cantitățile necesare de medicamente.

Pentru a veni în ajutorul persoanelor vîrstnice, care sînt și handicapate, o firmă vest-germană a pus la punct un sistem portativ de alarmă în două versiuni. Apăsîndu-se pe butonul dispozitivului aplicat pe perete se poate intra imediat în legătură cu un post central de apel. Aparatul, purtat la încheietura mîinii, aidoma unui ceas-brățară, permite declanșarea unui semnal de alarmă pe care îl recepționează și localizează centrul de apel; ambele dispozitive pot acționa ușa apartamentului, pentru a permite de pildă accesul unui medic în caz de nevoie.

Utilizarea medicamentelor comportă un anume risc: odată cu acţiunea benefică asupra organului bolnav vizat, medicamentul respectiv e susceptibil de a afecta, în schimb, alte părţi ale organismului care nu-l tolerează. Pentru anularea „efectelor secundare" ale preparatelor medicale, doi cercetători americani din Chicago, au încorporat (în 1979) o particulă magnetică medicamentului administrat unui şobolan, pe care au ghidat-o apoi, graţie cîmpului magnetic creat, prin tot corpul pînă la organul în suferinţă; în cazul administrării „clasice", ar fi fost necesară o doză de 100 de ori mai mare pentru a obţine aceeaşi eficienţă a medicamentului.

D) *În domeniul medicinei post-terapeutice şi curative:*

Unele aparate create prin bioinginerie sînt utilizate pentru pacienţii la care funcţiunile unor organe nu pot fi restabilite pe cale terapeutică deoarece sînt afectate pentru tot restul vieţii, necesitînd, pentru perioade îndelungate, corectări sau control sever ale funcţionării. Vom exemplifica cu cîteva asemenea utilizări.

— *În cardiologie:*

Aparatura de corecţie sau control a funcţionării organismului uman este poate cel mai larg utilizată în cardiologie, mai ales prin implantarea şi folosirea cardiostimulatoarelor.

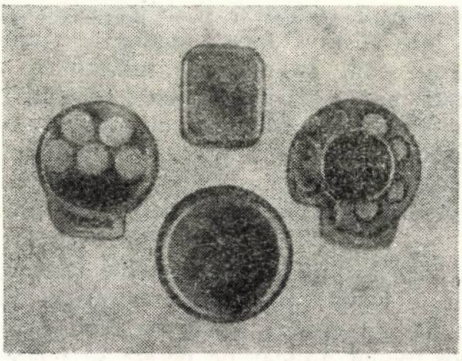


Fig. 33. — Cardiostimulatoare electronice

În multe cazuri, în patologia cordului, examenul clinic, electrocardiograma şi radiografia pun în evidenţă cazul tipic de bloc atrio-ventricular, adică o dereglare gravă a ritmului cardiac, cu tot cortegiul de consecinţe pe care le instalează:

diminuarea considerabilă a toleranţei la efort, angină pectorală, scăderea funcţiei renale şi o stare mintală deficitară, riscul permanent al morţii subite.

Blocarea transmisiei impulsurilor care iau naştere la nivelul nodulilor sinoatriali (Kheit-Flack) şi atrioventriculari (Aschoff-Tawara) — ceea ce specialiştii numesc „bloc atrioventricular" — constituie una din maladiile grave, admi-

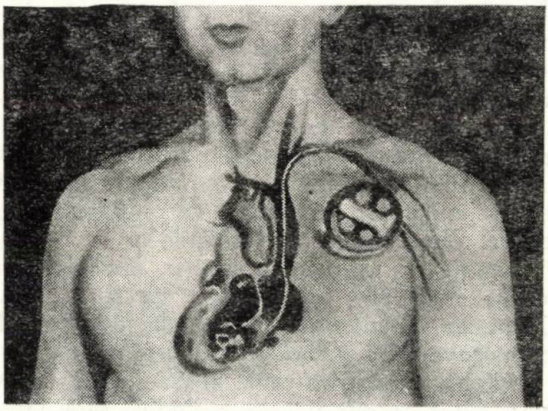


Fig. 34. — Implantarea cardiostimulatorului în cavitatea toracică

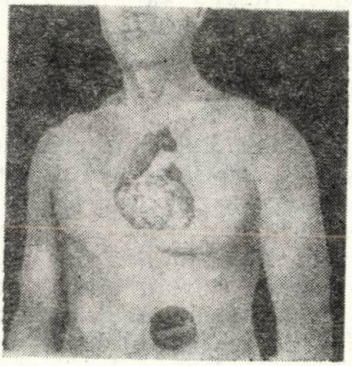


Fig. 35. — Implantarea cardiostimulatorului în cavitatea abdominală

nistrarea prelungită de medicamente în astfel de cazuri este, uneori, total ineficientă. Unica salvare este tocmai stimulatorul cardiac artificial, acel sistem electronic miniatural care, implantat în cavitatea toracică sau abdominală (fig. 34 şi 35) are capacitatea de a asigura automat impulsul care, în urma

infarctului sau ca urmare posibilă a altor boli, nu mai poate fi transmis pînă la nivelul ventriculelor. Dar acest sistem — care controlează natural pulsaţiile cordului, le menţine constanţa ritmică şi determină contracţia ventriculelor — acţionează, aşa cum ştim, autonom, nici o intervenţie din afara organismului nefiind, în condiţii normale, necesară pentru a-i asigura existenţa. În ce priveşte „a doua inimă" — cardiostimulatorul — limitele sale sînt de neignorat; are viaţa condiţionată de sursa de energie.

Cea mai mare parte a aparatelor de acest fel aflate în stare de funcţiune — pînă în 1978 în lume s-au implantat mai bine de 175 de mii (în ţara noastră peste 500) — sînt alimentate de micropile cu mercur. Acestea au însă o durată limitată de 3—4 ani, după care se impune o nouă intervenţie chirurgicală. În diferite ţări au fost testate şi s-au făcut chiar implanturi de stimulatoare alimentate de pile atomice care au o durată de cel puţin 20 de ani; preţul lor însă este foarte ridicat şi, cu toate măsurile de precauţie, ele implică riscuri de iradiere. În unele ţări din Europa, ca şi în S.U.A. au fost puse la punct stimulatoare cu pilă de iodură de litiu, a căror funcţionare este asigurată pentru aproximativ 10 ani; specialişti sovietici experimentează aparate care, odată implantate, vor putea fi reîncărcate periodic, fără intervenţie chirurgicală, ei implantînd şi stimulatoare cu dirijare biologică. Aceasta va avea o mare însemnătate, deoarece este vorba de preluarea de către stimulator a uneia din funcţiile importante prin care sistemul cibernetic natural dirijează organismul viu: ritmul inimii va putea fi reglat în funcţie de sarcina fizică.

În cadrul spitalului clinic Fundeni, dr. Radu Făgărăşanu a implantat sute de astfel de cardiostimulatoare. Sub efectul unei anestezii locale pacientului i se face o mică incizie în venă, prin care se introduce electrodul stimulatorului care trebuie dirijat spre inimă. Stimulatorul şi pila sînt capsulate într-un înveliş ermetic inoxidabil — nedepăşind mărimea unui ceas de buzunar — înveliş care îndeplineşte şi funcţia celuilalt electrod. Operaţia, relativ simplă, necesită, fireşte, o dotare tehnică corespunzătoare. Ea ar fi imposibil de realizat, de exemplu, în absenţa amplificatorului de imagini care oferă vizualizarea întregii cavităţi în care este implantat stimulatorul. Cu ajutorul acestui amplificator este urmărit drumul electrodului spre inimă, după care, odată conectat, stimulatorul imprimă cordului un ritm constant,

prestabilit de producător, sau reglat de cardiolog în timpul intervenției.

„Cardiostimularea — spunea dr. R. Făgărășanu — dă rezultate de-a dreptul spectaculoase. Se poate aprecia fără nici o exagerare că oameni cu grave infirmități, asupra cărora plana pericolul permanent de moarte subită, s-au născut a doua oară! Desigur, recomandarea absolută de implantare a stimulatorului trebuie făcută de centre specializate; nu există însă nici un fel de contraindicație pentru implantarea de stimulatori. În toate cazurile de bloc atrio-ventricular permanent sau intermitent, ca și în alte forme de tulburări de ritm cardiac, pacienții — indiferent de vîrstă — s-au putut reîntoarce, la numai 6—7 zile de la intervenție, la activitățile lor normale, eliberați de pericolul sincopelor. Cazuistica mondială oferă chiar și exemplul unor tinere femei cu cardiostimulatoare, care au dat naștere unor copii sănătoși, ceea ce înainte de apariția stimulatoarelor cardiace n-ar fi putut să conceapă nici cea mai fantastică imaginație!"*

Oamenii de știință experimentează în prezent modalități diverse de adaptare cît mai eficientă a actualelor stimulatoare la posibilitățile de soluționare a tahicardiei. Această afecțiune se caracterizează printr-un ritm accelerat al cordului — 200 de pulsații în loc de 68 — ritm care, pentru salvarea bolnavului, trebuie redus la o treime. În prezent sînt utilizate stimulatoare în vederea stăpînirii cordului cu frecvență accelerată, dar viitorul apropiat rezervă, potrivit aprecierii specialiștilor, posibilități tot mai eficiente de reglare automată a bătăilor accelerate ale inimii.

Aportul hotărîtor la efectele obținute și la cele care vor urma se datorează progreselor realizate de ingineria electronică și de ingineria atomică.

Din păcate, aceste minunate realizări bioinginerești sînt uneori obiect al unor speculații de-a dreptul macabre. Astfel, un nou scandal de proporții a izbucnit (în 1979) în lumea medicală din R.F. Germania. Este vorba de practica la care recurgeau o serie de chirurgi vest-germani de „recuperare" a costisitoarelor stimulatoare cardiace de la persoane decedate (în R. F. Germania cel puțin 50 000 de persoane poartă stimulatoare cardiace). Aparatele prelevate erau expediate la firma producătoare (cu sediul la Köln), care, după sterilizarea corespunzătoare, le revindea drept produse noi.

* *O maladie învinsă de electronică*, 1978.

Afacerea era cît se poate de profitabilă, ţinînd seama de faptul că furnizorii încasau pînă la 3 000 de mărci de fiecare stimulator, care era vîndut de către firmă persoanelor interesate cu cîte 7 000 de mărci. Firma îşi permitea chiar să avanseze chirurgilor mai activi sumele necesare deplasării acestora în Japonia, Thailanda şi alte ţări, unde se puteau „recupera" stimulatoarele cardiace.

Pînă în 1976, în Polonia, stimulatorul cardiac a salvat peste trei mii de vieţi omeneşti. Cel mai tînăr purtător al acestui aparat, din întreaga lume, este un băieţel care în anul 1976 avea 4 ani. Intervenţia chirurgicală pentru implantarea stimulatorului a avut loc la Institutul de pediatrie din Varşovia.

În 1976 la clinica universitară din Bonn a fost construit un stimulator cardiac dirijat de respiraţie care, deocamdată, este încă în faza experimentării; caracteristica sa principală: reglarea se face prin respiraţie, înlăturînd astfel deficienţele semnalate la alte stimulatoare cardiace cu un ritm prestabilit, care nu poate fi modificat. Noul stimulator are, de asemenea, un dispozitiv ce împiedică transmiterea unor oscilaţii bruşte, cum ar fi cele cauzate de tuse.

Prof. de fizică medicală dr. John Gofman, de la Universitatea din California, a pus la punct (în 1973) un dispozitiv electronic menit să dea alarma în cazul unui atac iminent de cord, permiţînd astfel luarea unor măsuri imediate. Aparatul, care utilizează elemente de calcul, este alimentat de o baterie de 9 volţi, şi cîntăreşte 170 g, ceea ce permite să fie purtat în buzunarul cămăşii, cu plasarea detectorului pe pieptul pacientului.

Noua instalaţie electronică „Ararat M-1", pusă la punct pînă în 1980, garantează supravegherea neîntreruptă a cordului, prevestind posibile complicaţii în funcţionarea acestui organ: aparatul, creat de medici şi fizicieni din Erevan, este un paznic sui-generis al inimii şi consemnează instantaneu orice abateri, analizează electrocardiogramele, urmăreşte ritmul cordului şi evoluţiile aritmiilor. Cu mult înainte ca în organismul omului să apară situaţii critice, senzori speciali transmit semnale de avertizare unui ordinator; acesta, în numai cîteva secunde, face o analiză comparativă a funcţionării fiecărui sector al inimii şi apreciază care sînt variantele optime pentru tratament.

Un medic de la un spital din Boston a realizat un tip special de stimulator cardiac care, amplasat în toracele pa-

cientului, îndeplineşte rolul unui adevărat semnal de alarmă, producînd în mod automat electroşocuri în caz de criză. Aparatul a fost testat cu succes pe un număr de şase pacienţi de către un grup de medici de la acest spital, precum şi de la facultatea de medicină „John Hopkins" din Washington. Noul instrument medical este de fapt o versiune automatizată şi miniaturizată a unui defibrilator, aparat generator de electroşocuri, care este utilizat în caz de urgenţe în ambulanţe şi în spitale pentru a se restabili ritmul cardiac. Bateriile din aparat, pe bază de litiu, permit funcţionarea lui pe o perioadă de 3 ani.

Pentru medici, cunoaşterea exactă a oscilaţiilor de tensiune pe care le poate avea un hipertensiv, ziua şi noaptea, este extrem de importantă. S-au făcut diverse încercări cu aparate portative care să măsoare tensiunea timp de 24 ore. Unele folosesc efectul Doppler pentru a măsura deplasările peretelui arterial. Altele înregistrează sunetele, graţie unui microfon minuscul montat în cunoscuta „mînecă" ce se umflă şi este legat de un înregistrator. Aparatul din imagine (fig. 36), pus la punct în laboratoarele Houdé, era (în 1979) experimentat în spitalul francez Broussais. Măsurarea tensiunii timp de 24 ore permite medicilor să stabilească, cu mai mare siguranţă, care dintre pacienţi pot beneficia de tratament,

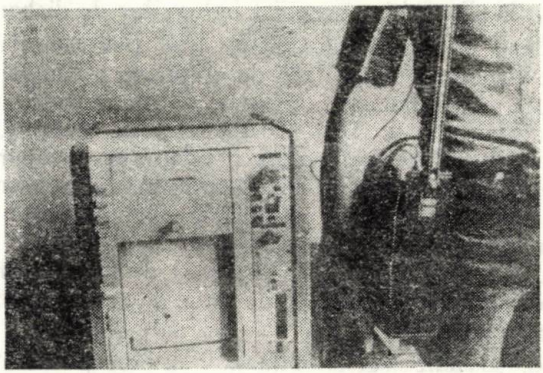


Fig. 36. — Aparat portativ pentru măsurarea tensiunii

precum şi să evalueze mai precis acţiunea diferitelor medicamente.

Uzina varşoviană „Farum" a început (în 1979) producţia unui aparat electronic miniatural — la purtător — care

urmăreşte permanent pulsul persoanei ce-l deţine, atrăgînd atenţia printr-un claxonat asupra celor mai mici variaţii, în raport cu limitele prestabilite. Aparatul este recomandat, îndeosebi, sportivilor în timpul antrenamentelor, precum şi persoanelor aflate în convalescenţă în urma unor afecţiuni cardiace.

— *În combaterea diabetului:*

La Universitatea din Ulm — R.F. Germania a fost realizat primul pancreas artificial din lume, alcătuit dintr-un autoanalizor automat care dozează continuu cantitatea de glucoză din sînge. Un calculator prelucrează parametrii furnizaţi de acest autoanalizor, iar un sistem pompează, în circuitul sanguin al pacientului, insulina sau glucidele calculate a fi necesare. Se depun eforturi pentru miniaturizarea acestui sistem complex, pentru a putea fi utilizat de pacienţi la domiciliu [10].

Pentru a veni în sprijinul bolnavilor de diabet, un grup de cercetători din Boston şi Los Angeles au realizat (în 1976) un aparat minuscul, dar foarte complex, ale cărui mecanisme electronice ultrasensibile imită funcţiile naturale ale pancreasului. Implantat sub piele, aparatul asigură un conţinut normal de zahăr în sînge, prin pomparea de insulină, potrivit nevoilor organismului. Experimentat pe maimuţe şi iepuri, aparatul, un adevărat pancreas artificial, a dat rezultate bune şi este pus la dispoziţia curentă a bolnavilor de diabet.

În locul injecţiei zilnice cu insulină, bolnavilor de diabet li se oferă o nouă modalitate de asigurare a acestui hormon vital, mult mai comodă şi precisă. O minipompă fixată de braţ injectează într-un flux şi ritm dinainte stabilite, insulină în venă. Programarea ştiinţifică şi adaptată nevoilor fiecărui organism în parte a cantităţii de insulină şi a orarului este realizată de un mic creier electronic portabil, ce încape într-un buzunar. Aparatul din fig. 37, realizat de o firmă vest-germană, se afla (în 1980) în faza de testare, principalul impediment pentru producţia de serie îl constituia durata sa scurtă de funcţionare.

Acad. sovietic Valeri Hmakov a început tratarea, pe cale chirurgicală, a diabetului zaharat cu ajutorul unui pancreas artificial. La centrul de transplanturi din Moscova, condus de acad. V. Hmakov, au fost trataţi, cu succes, pînă la finele lui 1979, 60 de pacienţi.

Un aparat pentru diabetici a fost realizat (în 1980) în Franţa. El măsoară instantaneu procentul de glicemie din

sînge, permiţînd diabeticului să cunoască, în orice moment, starea sănătăţii sale, fără a aştepta rezultatele clasice ale analizei urinei; aparatul cîntăreşte 300 g şi are dimensiunile unui calculator electronic de buzunar, cu care se şi aseamănă.

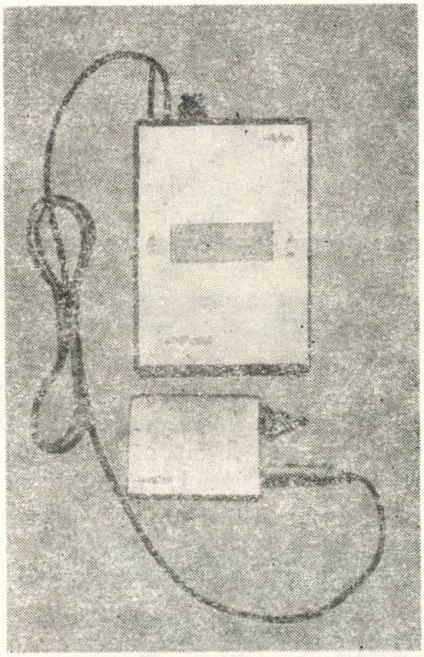


Fig. 37. — Aparat electronic pentru alimentare cu insulină

În 1981, în S.U.A., unei persoane suferind de diabet, i s-a implantat o pompă cu insulină. Acest veritabil pancreas artificial, realizat dintr-un aliaj de titan, a fost plasat sub piele, la înălţimea claviculei stîngi. Racordat printr-un tub la vena cavă superioară, aparatul este programat să elibereze insulină în ritmul de 12 pînă la 15 unităţi pe zi, rezerva de insulină trebuind reîmprospătată la fiecare 12 zile.

Centrul francez de cercetări ştiinţifice a creat (în 1980) pentru uzul bolnavilor de diabet un dispozitiv electronic portativ extracorporal, care detectează hipoglicemia. El este alcătuit dintr-un bloc electronic de dimensiunea unui pachet de ţigări şi o capsulă (elementul sensibil al captatorului), care se poartă la mînă ca un ceas-brăţară. Principiul de funcţionare se bazează pe detectarea transpiraţiei, simptom precursor

al hipoglicemiei. La un anumit nivel al transpirației, aparatul emite un semnal sonor de alertă. Imediat se pot aplica prescripțiile medicului curant pentru un astfel de caz, evitîndu-se astfel orice accident diabetic.

Specialiștii americani sînt de părere că cel puțin două persoane din zece, care sînt bolnave de diabet, ar trebui să-și cunoască cu regularitate nivelul zahărului în sînge, pentru ca, în funcție de aceasta, să fie stabilite cu precizie dieta și tratamentul. În acest scop, laboratoarele „Ames Division of Miles" din Elkhart, statul Indiana, au pus la punct (în 1981) un aparat (fig. 38) care poate efectua rapid și ușor analiza sîngelui. Bolnavul își poate lua singur, printr-o împunsătură în vîrful degetului, o picătură de sînge, care este aplicată, pentru 60 de secunde, pe o lamelă tratată chimic. Cînd lamela este introdusă în interiorul aparatului, pe cadranul acestuia apare exact proporția de zahăr din sînge. Aparatul este dotat cu o baterie și poate fi ușor transportat.

— *În scopuri generale, curative și corective:*

Medicii și meteorologii din Moscova au organizat (în 1980) un serviciu de prognoză meteorologică medicală. După ce au studiat influența factorilor meteorologici asupra oxigenării organismelor, a bronhiilor, ficatului, sistemului ner-

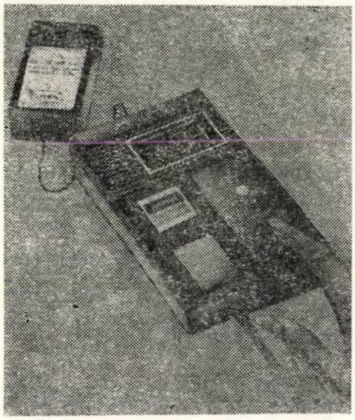


Fig. 38. — Aparat electronic portativ pentru analiza sîngelui

vos, specialiștii au stabilit cîteva tipuri de fenomene meteo care aduc perturbații bunei funcționări a organismului. Întocmirea buletinelor meteo-medicale va permite medicilor să ia din timp măsuri pentru a preveni pe pacienți în legătură

cu apariţia posibilă a unor complicaţii şi, totodată, să facă modificările necesare în tratamente.

Devenit, în condiţiile vieţii moderne, indispensabil activităţii omului în variate domenii, computerul — „emblemă" a erei tehnologice — cunoaşte o permanentă lărgire a sferei sale de aplicaţii. În domeniul medical se conturează o perspectivă din cele mai promiţătoare: în următorii 7—8 ani, conform previziunilor specialiştilor, computerul va fi utilizat la redarea auzului şi văzului. Pentru aceasta, se prevede realizarea unor minuscule computere, care vor putea fi plasate oriunde în trup, fără a stînjeni pe posesorii lor, spre deosebire, de pildă, de incomodele aparate auditive folosite astăzi.

Potrivit părerii prof. american Robert Sparks, cam în circa 5 ani putem fi martorii realizării unor dispozitive computerizate capabile să joace rolul unor organe artificiale — în cazul de faţă, al ochilor şi urechilor — şi, într-o perspectivă mai îndepărtată, să înlocuiască chiar membrele deficitare.

Un grup de cercetători australieni au pus la punct (în 1980) un aparat auditiv de o construcţie principial diferită de cele obişnuite. Aparatul se compune din două blocuri din care unul, de mărimea unui pachet de ţigări, transformă oscilaţiile sonore în impulsuri electrice; al doilea bloc este alcătuit dintr-un sistem de electrozi, care se implantează în ţesutul osos, din apropierea urechii bolnavului. Curentul electric modulat acţionează asupra terminaţiilor nervoase, care, la rîndul lor, transmit semnalele spre zonele respective ale creierului. Cîteva persoane care au folosit noile aparate au declarat, la sfîrşitul experienţelor de un an, că sunetele auzite de ele erau foarte apropiate de cele pe care le recepţionau înainte de a-şi pierde auzul.

La adunarea anuală a Asociaţiei surdo-muţilor (1977) din R. F. Germania a fost prezentat un telefon cu dispozitiv de scris, care permite convorbiri între surzi. Dispozitivul se prezintă sub forma unui telex miniaturizat şi poate fi ataşat la orice telefon normal. După ce se face numărul de telefon, comunicarea este bătută pe clape şi poate fi citită pe un dispozitiv de recepţie la celălalt capăt al firului. Apelul se face cu ajutorul unei lămpi electrice.

Medicina modernă cunoaşte procedeul de tratament prin frig (aşa-numita crioterapie), perfecţionînd metode şi tehnici utilizate încă din antichitate: băi reci, aplicări de gheaţă etc. Acum însă este vorba de temperaturi joase, obţinute de

pildă cu acid carbonic (care, se ştie, se preface în zăpadă avînd —80°C); medicina utilizează acest gen de frig artificial în tratamentul unor boli de anumit caracter (negi, angiome, adică tumori benigne ale vaselor sanguine sau limfatice, cicatrice chiloide ş.a.). De menţionat şi importanţa utilizării temperaturilor joase în conservarea sîngelui pentru transfuzii sau a ţesuturilor şi organelor pentru transplant. Aceste metode moderne au demonstrat că 90% din celulele vii care au fost îngheţate la —77°C se revitalizează lesne după decongelare, reluîndu-şi funcţiunile normale.

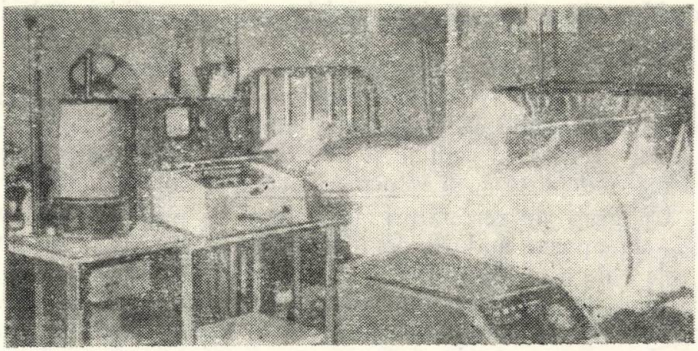


Fig. 39. — Cameră utilată special pentru hibernoterapie

Ştiinţa contemporană studiază şi fenomenul de hibernare. Ştim că anumite animale, pe timp de iarnă, îşi diminuează procesele vieţii, „conservîndu-se" fără mişcare şi hrană pînă la începutul primăverii (ursul, cîrtiţa, ariciul, liliacul, salamandra, intră în ceea ce numim somnul hibernal, cînd ritmul vital se încetineşte, scade metabolismul şi temperatura corpului coboară sensibil). Dar azi s-au extins cercetările privind hibernarea artificială (hibernoterapia). Descoperită de englezul Simson în 1905, hibernarea artificială a făcut, în ultimele decenii, mari progrese, ivindu-se chiar perspectiva conservării unor organisme întregi pe termen lung (de pildă, pentru viitoarele călătorii lungi interplanetare). Procesul de „congelare" este firesc complex; după o fază pregătitoare (în care se folosesc, printre altele, hormoni şi diferite săruri de K, Ca şi Mg) şi o fază farmacodinamică, are loc refrigerarea fizică finală, îndeosebi cu aer rece şi umed. Ca urmare, funcţiile vieţii se încetinesc, micşorîndu-se

metabolismul, oxidările şi temperatura centrală, în schimb viaţa conservîndu-se perfect, ca şi excitabilitatea celulară; modificările produse aduc însă o inhibiţie a secreţiilor endocrine (îndeosebi ale hipofizei şi cortexului suprarenal), odată cu diminuarea vădită a consumului de oxigen. Experimentele făcute (de ex. cu maimuţe superioare, la care temperatura corpului a fost scăzută pînă la 12°C) au dat rezultate promiţătoare.*

Stimulator de bună dispoziţie, astfel a fost denumit primul aparat de ionizare a aerului fabricat în Cehoslovacia (în 1976). Simplu şi eficient, acest aparat emite ioni de oxigen necesari primenirii aerului în încăperile supraaglomerate din întreprinderi, mijloace de transport, localuri publice, spitale etc. După cum se ştie, aerul ionizat contribuie la înviorarea organismului, la eliminarea oboselii şi, în consecinţă, la sporirea randamentului muncii. Ionizatorul va fi folosit şi în scopuri terapeutice pentru tratarea maladiilor căilor respiratorii, a dereglărilor metabolice, bolilor cardiace şi altele.

Cercetătorii sovietici, constructori de aparate medicale, au conceput un tip de aparat destinat să asigure, după o şedinţă de numai 10 min., o completă relaxare celor care trec prin momente de puternică tensiune psiho-nervoasă. De proporţii reduse, aparatul este prevăzut cu un ecran pe care apare o pată luminoasă, ce-şi reduce dimensiunea, configuraţia şi culoarea în acelaşi ritm cu care se reduc luminozitatea ecranului şi intensitatea sunetului (ce imită zgomotul valurilor). „Sincronizate" la început cu respiraţia accelerată a subiectului, sunetul, imaginea şi luminozitatea ecranului se reduc lent, imperceptibil. După 10 min., mişcările respiratorii ale subiectului se reduc de la 20 la numai 4 pe minut, tensiunea nervoasă dispare, uneori intervenind chiar somnul reconfortant. Aparatul, experimentat pînă în 1979 atît pe colerici, cît şi pe sanguini, a avut, la ambele grupe, temperamental diferite, un efect calmant, liniştitor.

Medicul canadian Howard Eisenberg a descoperit că feriga emite ioni negativi, ceea ce l-a dus la concluzia că simpla amplasare de ghivece cu această plantă în birouri este în măsură să compenseze pierderile de ioni datorate sistemelor moderne de ventilaţie. Este cunoscut că existenţa în birouri numai a ionilor pozitivi provoacă oboseala. O firmă din Montreal a şi scos în vînzare mici aparate producătoare de

* V. Neamţu, *Aplicaţiile frigului*, 1978.

ioni negativi, care pot fi instalate în birouri şi în apartamente, sau chiar la bordul automobilelor.

Zgomotul, se ştie, se propagă sub forma unor unde care comprimă şi dilată succesiv aerul. De aici ideea unor cercetători britanici de emitere a unei unde antizgomot de aceeaşi frecvenţă şi amplitudine ca şi a undelor obişnuite, dar defazată. Cu alte cuvinte, unda antizgomot comprimă aerul acolo unde unda de zgomot îl dilată şi dilată aerul acolo unde acesta îl comprimă, cele două unde anihilîndu-se, astfel, reciproc. Practic, procesul se realizează cu ajutorul unui computer în miniatură, care analizează unda sonoră şi, în funcţie de această analiză, declanşează unda antizgomot. Rezultatul primelor experienţe efectuate în cabinele de pilotaj ale avioanelor cu reacţie, unde zgomotul este foarte puternic, sînt mai mult decît încurajatoare.

3.3. UNELE CONSIDERAŢII PRIVIND LEGĂTURA DINTRE BIOINGINERIE, MEDICINĂ ŞI FARMACOLOGIE

În cele ce urmează ne vom referi la unele probleme legate de bioinginerie, considerată ca înglobînd şi tehnologia medicală, la aportul ştiinţelor în dezvoltarea aparaturii medicale şi la unele interpretări cibernetice privind utilizarea aparaturii medicale moderne.

3.3.1. TEHNOLOGIA MEDICALĂ, DOMENIU DE COOPERARE MULTIDISCIPLINARĂ

Tehnologia medicală, considerată ca fiind un ansamblu de metode şi tehnici utilizate în diagnostică şi terapeutică, a fost puternic influenţată în dezvoltarea sa de progresul tehnico-ştiinţific contemporan.

Cercetătorii de la Institutul de cercetări Stanford arătau că unele sectoare vor progresa atît de repede încît se va putea vorbi de dezvoltarea unei *noi medicini* caracterizate de apariţia unor tehnici şi medicamente noi. Va apare o nouă generaţie de substanţe antibacteriene, unele progrese în tratarea leucemiei sîngelui, medicamente noi pentru tratamente mai eficace în bolile sistemului nervos, respirator, circulator etc., iar în domeniul tehnicilor noi, radiologia va cunoaşte, spre

exemplu, nu numai tehnica ultrasunetelor ci şi pe cea a laserilor şi a undelor electromagnetice, ultima fiind atît un mijloc de diagnosticare, cît şi unul de tratament.

Un alt domeniu care este pe punctul de a se dezvolta rapid îl constituie domeniul microchirurgiei, care va deschide perspective spectaculoase în ceea ce priveşte tratamentul sterilităţii; de asemenea, depistarea tarelor genetice se va face mult mai uşor decît pînă acum.

Deosebit de promiţătoare sînt cercetările asupra activităţii creierului: vor fi create medicamente care vor permite programarea, de către persoana care le foloseşte, a stării psihice dorite: vor putea fi, de asemenea, realizate operaţii chirurgicale care să modifice comportamentul, caracterul şi emoţiile persoanelor operate; în fine, durerea va fi atenuată sau chiar suprimată cu ajutorul unor dispozitive de stimulare electronică.

Se vor produce mutaţii şi în domeniul consultărilor medicale propriu-zise. La sfîrşitul deceniului, de pildă, medicii vor putea să examineze pacienţii de la distanţă cu ajutorul unui aparat cuplat cu un ecran de televiziune. O bancă de date — la care accesul se va asigura, de asemenea, prin aceste mijloace — va facilita stabilirea rapidă a diagnosticului şi va furniza toate lămuririle necesare în ceea ce priveşte medicamentele recomandate şi eventualele contraindicaţii.

Pe linia perfecţionării preconizate a tehnologiei medicale se prevăd o serie de măsuri obţinîndu-se deja o serie de rezultate din care vom oferi cîteva exemple.

În capitala Franţei a fost inaugurat (în aprilie 1981) primul centru din această ţară şi unul din puţinele existente în lume, de cercetare şi tratare a durerii. Institutul îşi propune, pe de o parte, să studieze bolnavii suferind de simptome dureroase cronice sau acute, indiferent de originea acestora şi, pe de altă parte, să descifreze mecanismele durerii.

În S.U.A. a fost elaborată (în 1981) o metodă de diagnosticare timpurie a cancerului, cu ajutorul unei analize destul de simple a sîngelui, care permite descoperirea bolii cu mult mai mult timp înainte decît prin metodele cunoscute, ceea ce sporeşte considerabil şansele de vindecare. Metoda a fost elaborată pe baza descoperirii în sîngele bolnavilor de cancer a unei albumine specifice care are o serie de proprietăţi distinctive. Identificarea ei permite o diagnosticare certă cu mult timp înaintea apariţiei simptomelor clinice ale bolii, prin simpla prelevare de la bolnav a cîtorva picături de sînge.

Azotul lichid își găsește în anii din urmă tot mai numeroase utilizări medicale. Cu ajutorul azotului lichid, de pildă, se tratează unele forme de cancer al pielii. În cazul operațiilor de acest gen, fără ajutorul bisturiului, este exclusă formarea de metastaze întrucît tumoarea este îndepărtată sub forma unei mase solide, înghețate, iar celulele canceroase nu se răspîndesc dincolo de limitele tumorii. Bisturiele cu azot lichid sînt folosite și la îndepărtarea polipilor sau a hemoroizilor, iar în perspectivă se prevede utilizarea lor și în intervențiile chirurgicale pe creier.

Doi chirurgi americani au reușit (în 1981) pentru prima oară, o serie de intervenții chirurgicale asupra creierului unui fetus. La un spital din Boston cei doi chirurgi au prelevat excesul de lichid cefalorahidian de la un copil care prezenta semne de hidrocefalie; în șase rînduri, ei au scos aproape un litru de lichid care, aflîndu-se într-o cantitate prea mare, împiedica dezvoltarea normală a creierului. După ce au localizat poziția exactă a fetusului cu ajutorul unei sonograme, operația a constat în introducerea unei seringi în abdomenul mamei, iar apoi și în cutia craniană a fetusului, deasupra urechii.

Cercetătorul Leonid Glibin, șeful Centrului de cardiologie din Vladivostok, a ajuns (1980) la concluzia că date exacte privind bioritmul fiecărui individ, nu numai într-o perioadă calendaristică îndelungată, ci și în cadrul unei zile, pot permite utilizarea mai eficientă a medicamentelor. Ritmul biologic reglementează cu mare precizie perioadele de activizare și de scădere a activității organismului, chiar și în cursul unei singure zile. În decurs de 24 de ore, afirmă specialistul, există cinci „microperioade independente", determinante pentru activitatea creatoare și fizică a omului. În aceste perioade, organismul își cheltuie cel mai activ energia, ceea ce înseamnă că este și mai eficient în combaterea bolilor. În perioada cînd activitatea biologică se reduce este necesară sprijinirea organismului cu medicamente.

Exemplele prezentate pe parcursul prezentei lucrări, arătînd efectele pozitive pe care impactul progresului tehnicii și al științelor îl au asupra tehnologiei medicale, atestă și faptul că aceasta din urmă poate fi considerată și ca o ramură importantă bioinginerească.

Într-o comunicare științifică acad. Ștefan Milcu considera tehnologia medicală ca fiind „bioinginerie" [17], ceea ce demonstrează că utilizarea tehnicilor inginerești și a aparaturii

în medicină este un domeniu al bioingineriei. Astfel, în comunicare se arată:

1. *„Tehnologia medicală modernă* cuprinde ansamblul tehnic și metodic descoperit și aplicat în ultimii treizeci de ani. Într-adevăr începînd din jurul anului 1950 s-au introdus în medicină procede de explorare biochimică și biofizică cu ajutorul radioizotopilor, urmate la scurt interval de automatizarea chimiei clinice, de electromicroscopie și de telemetrie, iar din jurul anului 1960 de informatică și calculatorul electronic. În acest complex tehnic s-a folosit biomatematica și teoria informației.

2. *Tehnologia medicală modernă* poate fi considerată ca o ramură a tehnologiei, definită prin domeniile în care se aplică și prin particularitățile metodice și operaționale. Se poate constata că la rîndul ei tehnologia medicală modernă se diferențiază în medico-biologică, aplicată în investigarea clinică și experimentală și medico-sanitară, aplicată în sanitație și prevenția bolilor.

Printre cele mai interesante trăsături ce caracterizează tehnologia medicală modernă este cuantificarea din ce în ce mai extensivă și precisă a rezultatelor, reducerea la minimum a participării umane, caracterul multidisciplinar, rapiditatea obținerii și prelucrării rezultatelor. Aceste particularități au apropiat tehnologia medicală de inginerie nu numai prin necesitatea cunoștințelor tehnice din ce în ce mai exigente, dar și prin modelul ei funcțional cu totul diferit de al medicinii tradiționale, dominată de subiectivism și de raționamente conjuncturale. Acest proces este în deplină evoluție și va provoca adînci transformări în gîndirea și practica medicinii clinice și experimentale.

O scurtă incursiune în principalele componente ale tehnologiei medicale moderne ne oferă o imagine în același timp reprezentativă și informativă.

3. *Calculatorul electronic,* adaptat la tehnologia medicală, este instrumentul cel mai caracteristic pentru înregistrarea, stocarea, elaborarea programată și transmiterea informațiilor. Cu ajutorul calculatorului, în medicină se pot rezolva cu parametri cunoscuți: gestiunea administrativă a unităților spitalicești, gestiunea bolnavilor, analizele de laborator, dozările automate, elaborarea de modele experimentale, documentare și expertiza epidemiologică a unei populații (screening).

Introducerea calculatorului în medicină a provocat o reconsiderare și remaniere a operațiilor tradiționale în prac-

tica clinică. S-a produs astfel o perfecţionare a modului de înregistrare a datelor primare care trebuie să fie precise şi corect formulate din punct de vedere semantic, a impus o integrare a datelor şi semnificaţiei lor funcţionale, o raţionalizare a operaţiilor. Fără rezolvarea acestei etape pe drept cuvînt denumită „precalculator", eficacitatea acestuia va fi necorespunzătoare şi neeconomică. De fapt această rezolvare implică o cooperare multidisciplinară între medici, electronişti, matematicieni şi programatori. Un rol permanent în eficienţa calculatorului medical îl au programatorii şi operatorii care trebuie să cunoască specificul operaţiilor biomedicale şi medico-sanitare, întocmai cum medicii trebuie să-şi însuşească modelele operaţionale „calculator". Este foarte caracteristic din acest punct de vedere rolul ce-l are laboratorul de pregătire a datelor pentru calculator, în care se execută operaţii mai laborioase, în comparaţie cu rapiditatea rezolvării operaţiilor ce au intrat în circuitul calculatorului.

Necesitatea cooperării în echipă multidisciplinară este impusă şi de continua supraveghere a operaţiilor la calculator. Trebuie să ţinem seama pe de o parte că şi calculatorul poate greşi, iar pe de altă parte că el nu poate rezolva toate problemele medicale teoretice şi practice.

Este cunoscută de asemenea perfecţionarea continuă a generaţiilor succesive de calculatoare, ceea ce impune schimbări tehnologice şi metodice periodice şi reciclarea personalului.

Este necesar să arătăm că punctul de vedere economic constituie un important criteriu în introducerea calculatorului medical. Marea capacitate de rezolvare a calculatoarelor electronice, costul ridicat al întreţinerii, eficienţa economică determinată de gradul de utilizare, au impus existenţa unei organizaţii formale de instituţii în care să fie atins nivelul critic, funcţional şi economic, pentru introducerea calculatorului electronic.

Putem aprecia rolul central ce-l are şi în tehnologia medicală modernă şi perspectivele extinderii lui în deceniile ce urmează. Pe drept cuvînt Hamburger a spus, în 1968, că informatica va modifica condiţiile practicii medicale, va provoca o renovare posologică, va apropia medicii consultanţi de spital şi va oferi mijloace superioare în învăţămîntul medical.

4. Fără îndoială că, în tehnologia medicală modernă, *automatizarea dozărilor chimice* reprezintă de asemenea un component caracteristic. Modelul operaţional este definit prin-

tr-o linie de producţie asamblată din segmente specializate, de la distribuitorul de eşantioane la colorimetru sau spectofotometru — ansamblu tehnic care efectuează automat operaţiile succesive ale unui dozaj chimic.

Automatizarea dozărilor chimice este în plină dezvoltare, aşa cum o arată determinările automate, posibile, astăzi ale ureei, glucozei, colesterolului, lipidelor, calciului, iodului hormonal ş.a.

Prin automatizare, tehnologia modernă ne oferă cele mai bune condiţii pentru obţinerea parametrilor de înaltă calitate a dozărilor chimice: specificitate, precizie, reproductibilitate şi sensibilitate; la care putem adăuga rapiditate şi comparabilitate, prin conexarea la ordinator.

Automatizarea dozărilor chimice are de asemenea evidente avantaje economice prin reducerea la un minim necesar a personalului şi prin economia timpului de spitalizare.

Dispozitivele automate, combinate cu calculatorul electronic, au făcut posibilă ceea ce s-a numit „screening"-ul unei populaţii pentru depistarea patologiei biochimice, inaparente clinic, a debutului oligosimptomatic al bolilor ş.a.

Medicina preventivă de masă şi bilanţul de sănătate al unei populaţii în perspectiva exigenţelor medicinii moderne nu pot fi concepute fără utilizarea acestor mijloace de culegere şi prelucrare a informaţiilor.

În clinică automatizarea dozărilor chimice şi cuplarea la calculator au optimizat operaţiile la un nivel incomparabil cu procedeele tradiţionale. Pe lîngă parametrii consideraţi, a fost posibilă o trecere calitativă de la investigarea uneia sau a unui număr modest de substanţe, la profilul biochimic individual sau al unei populaţii. S-a facilitat de asemenea prin utilizarea calculatorului corelarea datelor biochimice, antropologice, alimentare, profesionale şi sociale, în diversitatea lor.

Se poate constata ce a însemnat şi ce aport va aduce în viitor bilanţul de sănătate al unei populaţii şi corelarea lui cu diferiţii factori şi condiţii ce îl influenţează, cu stabilirea grupelor de risc în verificarea semiologică a unor indicatori şi în elaborarea politicii de asistenţă curativo-profilactică, bazată pe datele culese şi interpretate cu această exigenţă tehnică.

Ca şi calculatorul medical, automatizarea necesită o cooperare multidisciplinară în care rolul principal revine biochimistului, inginerului electronist şi tehnicienilor auxiliari, menţionează autorul.

5. Posibilităţile oferite de calculatorul electronic şi de automatizare sînt folosite de asemenea în *biotelemetrie*, un alt component al tehnologiei medicale moderne. Prin biotelemetrie se colectează şi se transmit la distanţă informaţiile obţinute în condiţii clinice, profesionale sau experimentale. Este o metodă în care se utilizează un complex tehnic caracteristic: aparatură tranzistorizată şi miniaturizată, microvoltaj energetic şi transmitere la mari distanţe. Biotelemetria are avantajul unor date nemodificate prin prezenţa observatorului ce le recoltează. Are aplicaţii multiple în supravegherea bolnavilor (monitoring) în fiziologia muncii şi a sportului, în biologia şi medicina spaţială, în probele funcţionale cardiovasculare, neuromusculare, neuropsihice şi în cercetările experimentale de fiziologie şi fiziopatologie, în teletransmiterea EEG, ECG, EMG ş.a. Tehnologia biotelemetriei necesită încă multe perfecţionări, deşi performanţele obţinute sînt remarcabile. Are încă limite ce pot fi depăşite ca: riscul erorilor, dificultăţile de înregistrare, factorii de perturbare pe parcursul transmiterii şi zgomotele la recepţie. Perspectivele aplicative sînt considerabile pe măsura perfecţionării tehnicii ce participă direct sau în auxiliar la biotelemetrie.

În continuare se insistă asupra particularităţilor tehnologice ale hemodializei, chirurgiei, cardiace, neuro-chirurgiei, a complexului terapiei intensive ş.a. Aceste domenii sînt introduse în practica curentă şi necesită rezolvări impuse de gradul de perfecţiune a procedeelor şi aparaturii.

6. *Baza teoretică.* Comentariul exemplificativ se va limita la cele trei componente ale tehnologiei moderne în medicină, atrăgînd în acelaşi timp atenţia asupra bazei lor teoretice care trebuie de asemenea cunoscută în bioingineria medicală. Este evident că tehnologia modernă în medicină merită, pe lîngă o aparatură adecvată, specialişti capabili s-o manipuleze şi o bază teoretică, singura capabilă să asigure buna ei funcţionare şi dezvoltare. Pe de altă parte într-o cooperare multidisciplinară de o atît de largă varietate trebuie să existe o bază teoretică comună, care să permită o înţelegere a procesului de cooperare. Această bază teoretică o constituie biomatematica şi teoria informaţiei. Pentru a putea utiliza cu înţelegerea noastră tehnologia modernă şi a găsi noi aplicaţii, medicii trebuie să aibă cel puţin cunoştinţe modeste de biomatematică. Vor putea comunica astfel creator cu ceilalţi specialişti.

Teoria informației nu este mai puțin necesară. Așa cum se știe, cu ajutorul ei s-a elaborat teoria biosistemelor, modele de înregistrare, de păstrare și de circulație a informației, o nouă viziune a homeostaziei ș.a.

Tehnologia modernă în medicină n-a constituit numai un proces strict tehnologic, pentru că a provocat în același timp o restructurare variabilă ca întindere și intensitate, în cunoașterea și înțelegerea fenomenelor. Să amintim doar de concepția despre boală ca o patologie a informației, a homeostaziei variabile, a sistemelor de reglare a funcțiilor ș.a.

Importanța, varietatea și extinderea crescîndă a tehnologiei moderne în medicină susține formarea unui specialist multidisciplinar, a ceea ce s-ar putea numi inginerul medical sau bioinginerul, capabil să stăpînească acest nou domeniu al tehnologiei în care sînt de prevăzut apariția de noi aplicații. Ne referim în primul rînd la dezvoltarea necesară a tehnologiei în transplantele de organe, în tratamentul cancerului, în „ingineria genetică" a ereditații dirijate ș.a.

7. În partea de *concluzii* a comunicării acad. Ștefan Milcu se arată că tehnologia modernă în medicină este o rezultantă a unui îndelung proces care a început în a doua jumătate a secolului al XIX-lea și a căpătat un ritm accelerat quasiexploziv și trăsături specifice, odată cu începutul celei de-a doua jumătăți a secolului al XX-lea. Tehnologia modernă medicală este tributară tehnologiei moderne, rezultantă a civilizației industriale.

Calculatorul electronic, automatizarea chimiei și *biotelemetria* sînt formele cele mai reprezentative ale tehnologiei moderne în medicină. Acest trio tehnic a pătruns în cele mai diferite domenii ale medicinii preventive, clinice, experimentale, teoretice și instituționale. Procesul de penetrare se află în plină desfășurare cu un ritm accelerat și extensiune crescîndă, trăsături ce decurg din dezvoltarea explozivă a științei și tehnicii moderne.

În perspectiva celor două decenii rămase pînă la sfîrșitul mileniului sînt previzibile perfecționări continue a ceea ce s-a realizat și noi cuceriri tehnologice: laserii, dispozitive miniaturizate, scintigrafia dinamică a inimii, rinichiului artificial, teletransmisia audiovizuală în practica clinică, în învățămînt și reciclare ș.a.

Medicina nu poate fi concepută fără tehnologia modernă care i-a conferit noi parametri calitativi și-i asigură o dez-

voltare corelată cu restul științelor și tehnicii, în civilizația industrială" [17].

Comunicarea poate fi apreciată ca o concludentă demonstrație cu privire la existența bioingineriei ca știință și complex de tehnici avansate, moderne, de înalt nivel, aplicate în domeniul medical. Așa cum s-a menționat în capitolul I, bioingineria are o arie de cuprindere și de aplicabilitate mult mai largă decît domeniul medical sau tehnologia medicală.

Progresul tehnologiei medicale este propulsat și de elaborarea unor noi vaccinuri sintetice și a unor noi medicamente realizate pe cale chimică, cu caracteristici preventive, de combatere a apariției unor stări patologice ale organismului provocate de boli care pînă acum erau socotite imposibil de prevenit, greu vindecabile sau incurabile.

Un vaccin sintetic contra difteriei a fost pus la punct, la începutul anului 1981 de Institutul Pasteur și va putea servi drept model pentru astfel de vaccinuri contra gripei, holerei sau a unor enterite ale copiilor, declara dr. Louis Chedid, profesor de imunologie experimentală la Institutul Pasteur din Paris. În mod obișnuit, vaccinurile determină din partea organismului supus vaccinării producerea de anticorpi, fenomen ce este adesea greu suportat — febră, inflamații locale dureroase. Noul vaccin nu are efecte secundare.

Prostaciclina este o nouă prostaglandină care împiedică globulele roșii să se coaguleze și să se fixeze pe suprafața internă a arterelor. Medicii apreciază că această substanță va deveni, în viitorul apropiat, un medicament deosebit de important în lupta împotriva trombozelor, infarctului miocardic și aterosclerozei. Cercetători din R. P. Ungară au reușit să sintetizeze (în cursul anului 1981) o prostaciclină activă mult mai stabilă decît cea naturală.

O echipă norvegiană a experimentat (în 1981) un medicament, denumit „Timolol", care se pare că reduce aproape la jumătate mortalitatea în rîndul persoanelor victime ale crizelor cardiace și celor care prezintă riscurile de noi atacuri de cord. Experințele s-au desfășurat în 20 de spitale, asupra unui număr de 1884 pacienți, bărbați și femei, în vîrstă de 20 pînă la 75 de ani, care au suferit de infarct acut al miocardului. Aplicată între a 7-a și a 28-a zi după atac, această terapie a asigurat un procent de supraviețuire cu 40% superior față de grupul-martor.

În continuare vom face o serie de aprecieri asupra *biofarmacologiei* care vor demonstra progresul acesteia, progres care, la rîndul lui, accelerează și el pe cel al tehnologiei medicale.

3.3.2. BIOFARMACOLOGIA, RAMURĂ A BIOINGINERIEI

În prezent progresul bioingineriei ca știință și ca un complex modern de tehnici a determinat și progresul farmacologiei în sensul dezvoltării și revoluționării ei, în pas cu marile cuceriri ale revoluției științifice și tehnice contemporane. Astfel a apărut o nouă ramură de știință și tehnică bioinginerească.

Biofarmacologia poate fi considerată și ca o ramură nouă a farmacologiei care, pe de o parte studiază mecanismul de acțiune a medicamentelor asupra organismelor vii, perfecționînd și crescînd eficacitatea administrării acestora, iar pe de altă parte realizează o serie de procedee și de produse farmaceutice noi, exclusiv pe cale naturală, respectiv din extracte naturale (din plante și animale). Este evident că medicamentele obținute astfel sînt mai eficiente (cu efecte terapeutice mai mari și mai cuprinzătoare, fără acțiune secundară nedorită) decît cele obținute pe cale artificală, prin sinteză chimică industrială.

Un studiu publicat la Paris la începutul anului 1980, intitulat *„Biofarmacologia revoluționează tehnicile medicale"*, arăta că primele două decenii din perioada postbelică au marcat epoca de aur a descoperirii de medicamente revoluționare, antibioticelor în primul rînd. Pe urmă, cercetările au început să bată pasul pe loc. Importanța, multă vreme neglijată, a efectelor secundare, a apărut cu tot mai multă pregnanță. S-a constatat că o substanță terapeutică cu cît este mai activă, cu atît comportă mai multe primejdii potențiale.

Despre mecanismul de acțiune al medicamentelor în organism și despre cum pot fi descoperiți factorii ce permit să se confere mai multă eficiență unei substanțe medicamentoase, răspund specialiștii unei noi ramuri a cercetării: BIOFARMACOLOGIA. Fără îndoială că ea va marca o cotitură fundamentală în terapia viitorului. De pe acum accentul tinde să se deplaseze de la descoperirea de noi medicamente spre o mai bună administrare a celor existente. Administrarea pe căile așa-zis clasice prezintă două inconveniente principale: pe de o parte, un „efect de șoc", în momentul în care medicamen-

tele sînt absorbite sau injectate, pe de altă parte, o scădere puternică a concentrației medicamentului respectiv pînă la următoarea doză. Pe scurt: o medicație în „zig-zag". În plus, multe medicamente administrate sub forma clasică sînt iritante pentru mucoasa gastrică, ceea ce prezintă riscuri de ulcerații, de hemoragii ș.a.

Astfel, la Simpozionul internațional de farmacologie ce a avut loc (1979) la Paris a fost salutată o serie de noi forme de administrare a medicamentelor, supranumite de creatorii lor „sisteme terapeutice", care urmăresc tocmai evitarea inconvenientelor prezentate de medicația clasică.

Rezultate remarcabile au fost obținute de firma californiană „Alza Corporation", care a pus la punct un adevărat arsenal tehnologic ce permite, cu ajutorul unor „mini-rezervoare" complexe, difuzarea în organism a substanțelor active, într-un ritm constant, timp de mai multe zile, săptămîni sau chiar luni (și în cantități suficiente pentru a fi eficace, evitîndu-se, totodată, efectele secundare).

Iată numai cîteva din aceste sisteme:

TRANSDERMUL, un disc de mărimea unei monede de 5 bani, care se lipește în spatele urechii, unde pielea e foarte fină: este vorba de un „minirezervor" pentru difuzarea programată în organism a medicamentelor — nu cu acțiune locală cum s-ar crede, ci cu efect la distanță, prin intermediul vaselor capilare. O metodă foarte ușor de aplicat și cu efecte de lungă durată. Deocamdată a fost pus la punct doar un singur prototip ce difuzează, timp de trei zile, scopolamină, substanță împotriva răului de mare sau de avion, în doze atît de scăzute, încît inconvenientele medicamentului — somnolență, amețeli — sînt complet eliminate.

Eficacitatea prototipului dă posibilitatea administrării prin transderm a unor agenți terapeutici de importanță majoră — mai ales a celor administrați pe cale bucală, repede metabolizați, distruși de ficat, înainte chiar de a fi putut acționa; prin noua metodă, medicamentul va ajunge la ficat abia după ce și-a făcut efectul.

Dimensiunile și amplasarea pe suprafața corpului a transdermului vor fi desigur diferite. Un număr de șase programe pentru punerea la punct a acestei metode au și fost inițiate, urmărindu-se, în principal, tratarea afecțiunilor pulmonare, cardiovasculare și inflamatorii (reumatismale).

CRONOMERUL. Substanța activă poate fi introdusă și într-o capsulă confecționată dintr-un polimer biodegradabil,

alcătuind un așa-numit cronomer, care se introduce sub piele. Multe laboratoare își pun mari speranțe în aceste implanturi subcutanate; pentru moment există însă unele inconveniente. Pe de o parte, organismul reacționează uneori înconjurînd capsula cu un strat de țesut fibros ce blochează difuzarea medicamentului; pe de altă parte, numărul medicamentelor susceptibile a fi obținute într-o formă destul de concentrată pentru a putea fi incluse în implanturi de format mic cu acțiune prelungită este încă redus.

POMPELE SUBCUTANATE au dat rezultate bune pe un număr de 20 de bolnavi cu tulburări foarte grave ale coagulării sanguine. În loc să fie spitalizați, sub perfuzii permanente de heparină, aceștia primesc, la domiciliu, zi și noapte, o doză regulată de heparină, prin intermediul acestor pompe înserate sub piele, la nivelul abdomenului. Obiectul are forma unui disc cu mai multe compartimente. În compartimentul superior se află substanța de difuzat, în cel inferior un compus ce exercită presiune constantă asupra rezervorului cu heparină, proiectată astfel într-o venă. Medicul încarcă sistemul o dată la șase săptămîni, străpungînd cu un ac membrana pompei, adiacentă pielii.

POMPELE PORTATIVE suscită un interes deosebit în distribuirea insulinei pe cale intravenoasă — prevăzute cu un sistem de reglare ce permite accelerarea distribuirii în timpul meselor, înlocuind astfel mai bine funcția pancreasului. Dacă primul dispozitiv de acest fel, creat în 1972 în Franța, era de dimensiuni considerabile, cel realizat șase ani mai tîrziu în Anglia era mult mai mic, montat pe o centură, insulina fiind injectată subcutanat la nivelul abdomenului. Un pas înainte îl reprezintă o recentă perfecționare a sistemului britanic, astfel încît pompa comportă opt programe, în funcție de tipul de alimentație; bolnavul însuși este cel care reglează, în funcție de necesități, debitul pe care îl primește pe cale intravenoasă.

Obiectivul urmărit în prezent de cercetători este punerea la punct a unei minipompe implantabile, de dimensiunea unui pachet de țigări, un adevărat pancreas artificial, un sistem „inteligent" depinzînd de un circuit electronic miniatural care să distribuie insulina în dozele necesare organismului.

Alte aplicații posibile ale pompelor: difuzarea automată a medicamentelor — la cel mai mic semn de accident semnalat de un sistem de electrozi — la persoanele cardiace, mai ales la cele aflate după un infarct.

EMBOLIZAREA VASCULARĂ, tehnică, aplicată cu succes într-un spital din Franța, care permite înlăturarea anumitor tumori, pînă nu demult inoperabile. Intervenția, care necesită o deosebită abilitate, constă în introducerea într-o arteră pînă la locul tumorii a unei microsonde suple, de grosimea unui fir de păr, prin care se injectează bile microscopice din ceară vegetală — complet neutră — realizate de o echipă de cercetători francezi. Aceste microbile (cu dimensiuni de 40 miimi de milimetru) obturează vasele fine, capilare, ce irigă tumoarea; „uscîndu-se", aceasta devine operabilă, fără pericolul unei ample hemoragii. În prezent se pregătește o a doua generație de microbile — care nu mai sînt neutre: de data aceasta, ele sînt „cărăuși" ai unor substanțe active, ghidate direct spre tumoarea sau organul bolnav, ceea ce elimină riscurile chimioterapiei anticanceroase asupra celulelor sănătoase.

Cercetătorii urmăresc însă crearea, la scară moleculară — cîteva milionimi de milimetru —, a unor vectori capabili să conducă o substanță chiar în interiorul celulei bolnave. Ca suport pentru acești „cărăuși" microscopici sînt experimentate, în prezent, diferite substanțe organice și sintetice. S-a încercat chiar să se utilizeze „schelete" de globule roșii, prin golirea lor de conținutul de hemoglobină pentru a le umple cu o substanță activă.

Desigur că cercetătorilor le mai rămîn de depășit o serie de obstacole pînă la obținerea unor înlocuitori mai eficienți ai instrumentelor și modalităților clasice de administrare a medicamentelor. Este cert însă că în prezent am intrat într-o eră nouă, aceea a unei adevărate „revoluții" în ceea ce privește modul de administrare a medicamentelor.

Existența acestei noi ere în fabricarea și administrarea medicamentelor în sens biofarmacologic este confirmată de o serie de succese obținute, dintre care vom oferi cîteva exemple.

A. Au fost izolate proteine care sînt utilizate, cu succes, ca medicament împotriva unora dintre maladiile considerate ca fiind nevindecabile. Astfel, un cercetător australian a izolat o nouă proteină umană pe care a botezat-o „Apoproteina AV". Ea prezintă caracteristica de a se „înfășura" în jurul particulelor grăsoase, pe care le elimină din circuitul sanguin. De aici concluzia că noul tip de proteină poate fi utilizat pentru a „curăța" arterele de particule grăsoase, care pot duce la ateroscleroză, maladie ce afectează un număr tot mai mare

de oameni. Dacă experienţele pe şobolani, care au început în anul 1981, vor da rezultate pozitive, se apreciază că în cîţiva ani apoproteina ar putea deveni un medicament deosebit de eficace pentru combaterea acestei maladii.

„Aspartam" este numele unui nou înlocuitor al zahărului, experimentat (în 1980) de Statele Unite; este de 200 ori mai dulce decît zahărul, alimentele îndulcite cu ajutorul său avînd cu 23% mai puţine calorii. Din punct de vedere chimic „Aspartam" este o proteină, iar aminoacizii care îl compun se găsesc în produse lactate şi carne: în consecinţă, corpul îl metabolizează ca pe o proteină şi nu ca pe un hidrocarbonat, fapt care recomandă consumul său în diverse afecţiuni, ca de pildă în diabet sau obezitate. Din punct de vedere al gustului, el are calitatea de a accentua sau de a face mai persistentă aroma alimentelor în care se află.

B. Au fost izolaţi viruşi şi bacili şi au fost create, pe cale naturală, noi vaccinuri pentru combaterea unor boli greu vindecabile sau incurabile. Noul vaccin împotriva hepatitei cu virus „B", pus la punct în 1980, a trecut cu succes, la Centrul de studii sanguine din New York, o serie întreagă de testări menite să demonstreze eficacitatea lui. Specialiştii newyorkezi consideră că intrînd în uzul practicii vaccinul antihepatic va putea avea un aport considerabil la eradicarea maladiei, mai ales în Africa şi Asia, unde boala respectivă este foarte răspîndită. Ei preconizau ca în ţările dezvoltate vaccinul să fie aplicat doar persoanelor care prezintă riscuri ridicate de îmbolnăvire.

Patru echipe de cercetători de la Institutul „Pasteur" din Lyon au reuşit (în 1980) după doi ani de lucru intens, să izoleze virusul nr. 3 al hepatitei virale, numit şi virusul „Non A, Non B". De mai mulţi ani viruşii „A" şi „B" au fost izolaţi. Cu toate acestea, unele leziuni ale ficatului, ca şi anumite evoluţii ale hepatitei duceau la concluzia că mai există şi un al treilea tip de virus, la fel de nociv, căruia savanţii francezi i-au spus „Non A, Non B". Dacă au trebuit 15 ani pentru lansarea pe piaţă a vaccinului contra virusului „B", se crede că experienţele întreprinse la Lyon vor permite să se reducă cu mult durata pregătirii vaccinului împotriva virusului nr. 3.

Comisia de experţi ai Organizaţiei Mondiale a Sănătăţii (O.M.S.) a aprobat (în 1981) experimentarea pe voluntari a unui vaccin împotriva leprei. După cele mai riguroase apre-

cieri, în prezent suferă de lepră 15 milioane de oameni, majoritatea din Africa. Deşi pînă în momentul cînd se va putea confirma cu deplină certitudine eficienţa noului vaccin va trebui să mai treacă încă un deceniu (cît poate dura perioada de incubaţie), savanţii consideră că sînt perspective reale de eradicare a bolii. Multă vreme, oamenii de ştiinţă nu au reuşit să obţină culturi de laborator ale agentului patogen şi să le inoculeze animalelor de experienţă; după ce această problemă a fost rezolvată, au trecut alţi cinci ani pînă cînd au fost izolaţi bacilii leprei şi s-a putut obţine o cultură utilizabilă în experienţe pe oameni.

C. Pe cale de inginerie genetică, celulară sau biomoleculară, s-au obţinut substanţe sau procedee de mare valoare terapeutică. O companie de produse farmaceutice din S.U.A. a anunţat (1980), obţinerea insulinei din bacterii manipulate genetic. Produsul a fost testat cu succes pe cobai. În prezent, insulina necesară diabeticilor este obţinută din pancreasul unor animale. Metoda „convenţională" este, pe de o parte, neeconomicoasă, iar, pe de alta, are, uneori, efecte secundare nedorite. Prin obţinerea din bacterii, ambele inconveniente sînt înlăturate.

Multe sute de milioane de oameni din ţările tropicale suferă de *bilharzioză*, boală provocată de un parazit numit *schistosom*. Pentru a putea combate boala trebuie cultivat în prealabil parazitul. O echipă de cercetători francezi din Perpignan a reuşit, în premieră mondială, „clonarea" schistosomului, adică cultivarea lui printr-o tehnică similară butăşirii. Echipa respectivă a pus la punct şi instrumente, de mare fineţe, necesare pentru efectuarea operaţiilor de clonare.

„Un Pasteur al radioactivităţii" este renumele pe care şi l-a dobîndit Kenneth Raymond, profesor de chimie la Universitatea din Berkeley (California). Împreună cu o mică echipă de cercetători, el a reuşit recent, să pună la punct o moleculă, pe care a numit-o „3.4.3. Licarus" capabilă să „cureţe" organismul uman de cele mai primejdioase substanţe existente, substanţele radioactive, în primul rînd plutoniul.

La fel cum serul împotriva turbării este eficace dacă e inoculat imediat după muşcătură, aceste molecule „devoratoare" de plutoniu fac posibilă tratarea persoanelor contaminate de acest metal radioactiv. Iar într-un viitor ceva mai

îndepărtat, ele vor oferi o soluție pentru problema depozitării de deșeuri radioactive.

Prof. K. Raymond a studiat cu tenacitate, timp de 10 ani, aceste molecule, al căror nume e un compus al cuvîntului grec „chela", desemnînd cleștii crabilor. Într-adevăr, moleculele strîng ca într-un cleşte toți ionii metalici care apar în mediul lor. În cercetările sale, omul de știință american a plecat de la un fapt cunoscut mai de mult: existența în corpul omenesc a unor molecule, sideroforele, care „sechestrează" fierul, respectiv ionii de fier.

O fracțiune de miligram din numeroase medicamente ar fi suficientă pentru bolnav, dar medicul îi prescrie o doză de o mie de ori, de zece mii de ori sau chiar de o sută de mii de ori mai mare și acceptă, dinainte, efecte secundare nedorite, numai pentru că nu poate altfel aduce în locul precis dorit această zecemiime de gram indispensabilă și anume exact acolo unde ar trebui să-și facă efectul. Pentru a elimina acest neajuns, în diferite țări au fost experimentate așa-zisele „capsule bioactive". Ele înlătură marele inconvenient al supradozelor, dar din păcate, adeseori, nu sînt suportate de către organism și, în al doilea rînd, durata lor de viață este prea scurtă. Prof. U. Zimmermann din R. F. Germania a reușit (1981) să înglobeze medicamente pentru tratamentul unor boli în globule sanguine prelevate de la bolnav și apoi să le reinjecteze în corpul persoanei respective. Produsele farmaceutice odată introduse în globule „migrează" împreună cu acestea în organism, ajungînd pînă la urmă în organele cărora le sînt destinate.

D. În tratarea unor maladii, ca și în farmacologie, se folosesc astăzi, din ce în ce mai mult elemente sau preparate obținute din floră și din faună.

La Tîrgul internațional de primăvară de la București, din anul 1979, firma sovietică „Medexport", a prezentat, printre alte noutăți, un produs farmaceutic pe bază de extract de aloe. Această plantă decorativă a devenit pentru cercetătorii din U.R.S.S. o prețioasă sursă de extracte vegetale bioactive. În urma studiilor făcute s-a pus la punct un preparat medicamentos cu o bună acțiune terapeutică. Astfel, extractul de aloe s-a dovedit extrem de util în miopia progresivă, în opacifierea corpului vitros ca și în alte afecțiuni oftalmologice. O cură de tratament durează aproximativ o lună.

Cercetătorii de la grădina botanică a Academiei de ştiinţe a R.S.S. Letone au obţinut, prin încrucişări multiple, un nou soi de trandafir, ale cărui fructe conţin o mare cantitate de vitamina C (nici o altă plantă neputînd rivaliza cu el în această privinţă); în plus petalele conţin şi alte vitamine, precum şi aminoacizi.

Pe baza studiilor efectuate, experţi ai O.M.S. au constatat că 80% din populaţia ţărilor lumii a treia nu au posibilitatea de a primi o îngrijire medicală adecvată, întrucît importul de medicamente din statele occidentale este extrem de împovărător. O.M.S. a recomandat folosirea de către localnici a plantelor medicinale tradiţionale, ca alternativă provizorie la o mare parte din produsele farmaceutice străine. Aceste plante prezintă avantaje de a fi uşor de cules, şi-au dovedit efectele curative, de-a lungul secolelor, şi sînt foarte ieftine. Un singur exemplu: un locuitor din regiunea platoului înalt peruan poate culege frunze de *Datura stramonium*, care creşte în apropierea colibei sale şi din care îşi poate prepara o infuzie ca remediu împotriva maladiei Parkinson. La începuturile sale însăşi medicina occidentală a utilizat şi a reînceput să utilizeze astăzi, din ce în ce mai mult, plante medicinale.

În vederea punerii la punct a unor noi medicamente, concernul farmaceutic elveţian Ciba-Geigy din Basel a încheiat, cu Institutul de cercetări marine din Bremenhaven, un contract pentru valorificarea ciupercilor marine.

Farmacologii sînt interesaţi în găsirea unor substanţe active pentru boli ale aparatului circulator şi nervos care să fie uşor asimilabile de organism şi să prezinte puţine fenomene secundare. În cadrul unui program de perspectivă, se studiază în ce măsură ciupercile marine răspund acestor cerinţe. Se are, de asemenea, în vedere utilizarea lor la producerea de antibiotice. Cercetările efectuate pînă acum la Institutul de valorificare a organismelor marine din Sidney au dat rezultate remarcabile. Astfel, dintr-un coral tropical — *Gorgonia plecsaura* — au fost obţinute preparate utilizate în tratamentul asteniei, hipertoniei şi ulcerului; din bureţi au fost extrase componente folosite împotriva bolilor sistemului nervos central; din unele laminarii (alge) au fost extrase substanţe anticoagulante, din cîteva specii de stele de mare se obţin substanţe a căror acţiune este similară cu cea a insulinei; în unele moluşte, printre care *Mercenaria*, şi în unele specii de polipi australieni au fost descoperite substanţe anticanceroase etc.

3.3.3. DESPRE APORTUL ŞTIINŢELOR ŞI TEHNICILOR LA DEZVOLTAREA APARATURII ŞI TEHNOLOGIEI MEDICALE

Vom încheia seria exemplelor aportului bioingineriei la progresul medicinei prin a sublinia şi ideea că aparatura realizată ca o consecinţă a revoluţiei tehnico-ştiinţifice şi care, fie că este, fie că nu este utilizată direct în diagnostică sau terapeutică, a contribuit substanţial la progresul biologiei şi al medicinei. În sprijinul afirmaţiei vom aduce o mărturie pe care o considerăm concludentă. Laureatul premiului Nobel pentru medicină pe anul 1974, savantul american de origină română, prof. dr. George Emil Palade, de la Universitatea din Yale, afirma că un cîmp întreg de activitate ştiinţifică în domeniul biologiei celulare ar fi rămas neexplorat, necunoscut şi nedezvoltat în lipsa microscopului electronic.

Amintim că realizarea inginerească a acestui aparat a fost condiţionată la rîndul ei de dezvoltarea unui domeniu relativ nou al fizicii şi al ştiinţelor inginereşti, electronica. Profesorul Palade arăta în anul 1979 că cercetările în domeniul celulei umane progresează rapid şi că datorită microscopului electronic şi a două decenii de muncă s-a ajuns să se cunoască cum este organizată structural şi cum funcţionează celula. Cunoscînd că în prezent bolile principale sînt cele degenerescente şi că cea mai mare parte a lor, inclusiv cancerul şi maladiile vasculare, sînt rezultatul unor defecţiuni de funcţionare, se mai pune doar problema cum să se procedeze ca sistemul de apărare al celulei să fie mai rezistent.

Microscopia electronică cu baleiaj (SEM) constituie una dintre cele mai moderne modalităţi de investigare a ultrastructurii celulare. Un colectiv de specialişti — dr. N. Manolescu, V. Ciocnitu, C. Dimitriu — de la Institutul „Victor Babeş" din Bucureşti, a realizat în acest domeniu o serie de lucrări, folosind dotarea excepţională a Institutului „Pasteur" din Bucureşti.

Cercetătorii Institutului medical al Universităţii Michigan, din S.U.A. au realizat (în 1980) un aparat care le va permite să studieze funcţionarea creierului uman în condiţii superioare celor din trecut. Dispozitivul este, de fapt, o combinaţie de două aparate: un mic accelerator de particule şi un analizor care realizează tomografia axială computerizată şi este rezultatul cuplării unui computer cu un aparat radioscopic şi un televizor. Micul accelerator de particule va produce particule radioactive foarte slabe şi de scurtă durată care vor

fi transportate de fluxul sîngelui pînă în creier. Emisiunea lor radioactivă de slabă intensitate va fi detectată de analizorul montat în jurul capului. Datorită radioactivității, pe ecranul TV se va putea urmări activitatea creierului, inclusiv

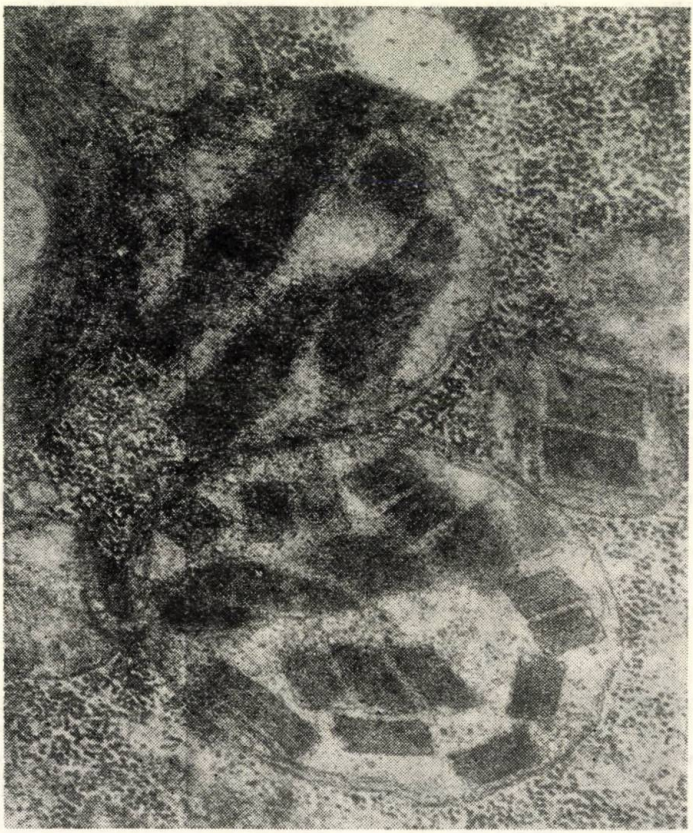


Fig. 40. — În dereglarea funcțiunii musculare cunoscută sub denumirea de sindrom Mc Ardle, mitocondriile, componente celulare care joacă un rol important în metabolismul celular, prezintă incluziuni cristaline, vizibile la microscopul electronic

absorbția de glucoză, oxigen și alte substanțe chimice indispensabile proceselor vitale.

Știința continuă să rămînă datoare tehnicii pentru a putea privi dincolo de vizibil în intimitatea celulei vii. Cercetă-

torii de la institutele Academiei de ştiinţă cehoslovace au realizat prototipul unui microscop analitic pentru uz biologic cu ajutorul căruia se pot studia, în acelaşi timp, atît fenomenele care se petrec în interiorul celulei, cît şi cele de la suprafaţa

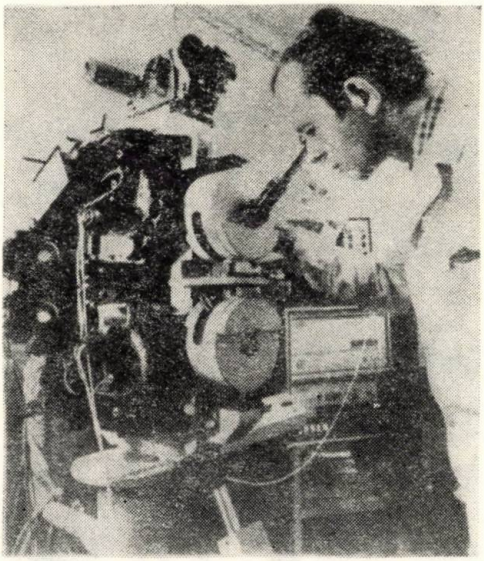


Fig. 41. — Microscopul electronic analitic românesc pentru uz în biologie

ei. Se obţine astfel o imagine cu mult mai interesantă, prin complexitatea ei, prin evidenţierea schimburilor dintre membrană şi exterior, decît se obţinea pînă acum cu tehnicile cunoscute.

Alături de electronică şi alte capitole ale fizicii au contribuit la diversificarea tehnologiei şi aparaturii medicale, medicina fiind unul dintre domeniile care au beneficiat foarte mult de pe urma progresului tehnologic al opticii şi mecanicii fine. Astfel, fotoconductorii flexibili din fibre de sticlă deschid noi orizonturi în endoscopie, aducînd servicii preţioase la diagnosticarea unui mare număr de maladii interne. Aparatele de măsurat, de felul fluorometrului spectral, utilizat determinarea concentraţiei hormonale sau a polarimetr circular, cu care poate fi stabilit fără tratament chimic labil nivelul glicozuriei, s-au afirmat în aceeaşi măsur

ampla gamă de microscoape speciale; dintre acestea nu vom menționa decît microscopul în ultraviolet, cu ajutorul căruia pot fi depistate proliferări maligne ale țesuturilor, citoscopul, conectat la un aparat de înregistrare, care servește la stabili-

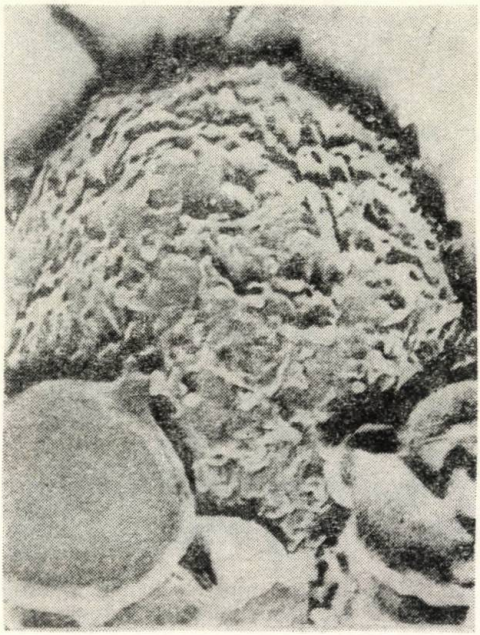


Fig. 42. — Sînge periferic uman; mărire de 30 000 de ori. Imaginea unui limfocit „B"

rea unor hemograme extrem de diferențiate sau colposcopul folosit în ginecologie. În intervenții chirurgicale mai dificile se recurge la microscoape de operație care pot fi branșate la aparate fotografice, camere de filmat, videocaptoare și tuburi care permit urmărirea simultană a diferitelor faze.*

Virusologia, citologia și genetica profită în primul rînd de progresele înregistrate în construcția de instrumente optice u elemente fotoelectrice, electronice și electromecanice; de ex. croscopul electronic, la care lumina obișnuită este înlocuită

* M. Herda, *Noi aplicații ale opticii și mecanicii de precizie*, ia", nr. 5/1978.

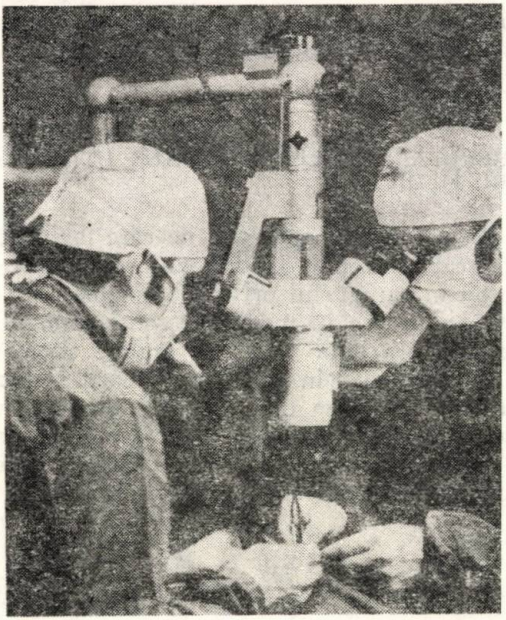


Fig. 43. — Microscop de operație pentru chirurgie plastică și chirurgia mîinii

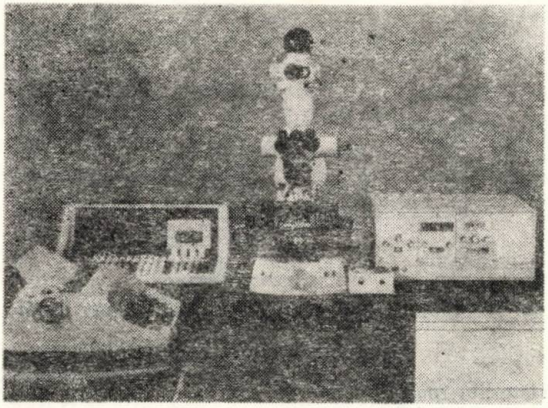


Fig. 44. — Fotometru-microscop seanning atașat la un calculator de masă. Acest aparat este utilizat în biologie și în cercetările medicale

cu un fascicol de electroni, iar lentilele optice cu lentile electrostatice sau magnetice obținîndu-se astfel imagini mărite de 150 000 ori.

3.3.4. INTERPRETĂRI CIBERNETICE ALE UTILIZĂRII APARATURII MEDICALE

Legat de tehnicile și aparatele pe care ingineria și cibernetica le-a creat și le pun la dispoziția medicinei, și despre care am vorbit în paragraful privind bioingineria ca disciplină a aparatelor ajutătoare în medicină, considerăm util să prezentăm, pe structura unui sistem de reglare clasic, un sistem cibernetic medic-bolnav, în care am precizat și locul ocupat de aparatură, atît în faza de stabilire a diagnosticului cît și în cea terapeutică. Fig. 45 pune în evidență atît importanța ingineriei, cum și a ciberneticii în dezvoltarea științelor medicale, în creșterea eficienței medicinei aplicate [18].

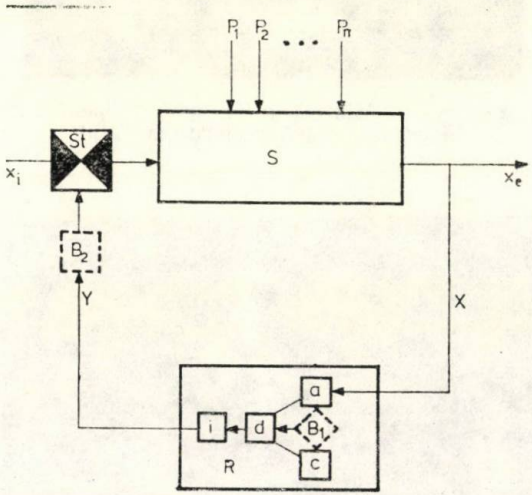


Fig. 45. — Schema de sistem cibernetic bolnav-medic

Sistem de reglare (tehnic)

S = sistemul reglat
R = sistem regulator
x_i = mărimea de intrare
x_e = mărimea de ieșire
a = aparat de măsură

c = transmiţători de valori de depozit
d = organ de comparare
i = amplificator de reglaj
B_1 = *mecanism de măsură a parametrilor de stare**
X = mărimi perturbate
Y = mărimea de servire (comandă)
St = organe de reglaj (stabilizare)
B_2 = *mecanism de comandă pentru autoreglare**
P = perturbaţii

Sistem cibernetic bolnav-medic

S = bolnav
R = medicul cu mijloacele de investigare
x_1 = alimentare cu energie
x_e = performanţe — ameliorări
a = examen diagnostic
c = cunoştinţe medicale
d = diagnosticul logic
i = indicaţii terapeutice
B_1 = *aparatura utilizată în investigaţii şi diagnostică**
X = informaţii asupra stării bolnavului
Y = comenzi — sarcini terapeutice
St = aplicarea terapeuticei
B_2 = *aparatura utilizată în terapeutică**
P = influenţa de mediu şi cauze care provoacă îmbolnăviri

Menţionăm că introducerea lui B_1 şi B_2 în schema cibernetică respectivă semnifică faptul că utilizarea calculatoarelor şi a altor aparate moderne în diagnostică măreşte precizia şi operativitatea ei, iar utilizarea acestora în terapeutică scurtează timpii de reglare (vindecare), asigurînd acesteia un înalt nivel calitativ.

Creşterea operativităţii şi preciziei diagnosticului şi a eficienţei terapeutice apare ca o funcţie de aparatură şi de tehnicile utilizate. Acest fapt poate fi exprimat printr-o formulă logică astfel:

$$E = f(A, T),$$

în care:

E = creşterea eficienţei asistenţei medicale;

A = aparatura utilizată;

T = tehnicile folosite.

Toate aceste aplicaţii au efecte atît de valoare ştiinţifică, ele oferind posibilitatea de a se realiza noi paşi în cunoaştere în ştiinţele medicale, cît şi de o mare valoare practică.

* termeni introduşi de noi faţă de lucrarea originală [18]

Cibernetica a provocat conexiuni intime şi între biologie şi medicină, pe de o parte, şi ştiinţele tehnice, pe de alta. Într-adevăr, între dezvoltarea ştiinţelor biomedicale şi a celor tehnico-inginereşti există astăzi conexiuni şi conexiuni inverse atît de pregnante încît, în absenţa lor, nu am mai putea vorbi efectiv despre nici un fel de dezvoltare, fie a practicilor biologiei şi medicinei, fie a tehnoingineriei [19].

3.4. BIOINGINERIA ŞI ROBOTICA

Considerăm robotica ca fiind domeniu ce aparţine bioingineriei, din cel puţin trei motive principale:

1) roboţii sînt construcţii tehnice foarte complexe, care au rolul să înlocuiască omul în munci sau acţiuni grele, în medii nocive, în condiţii de mare periculozitate sau în zone naturale inaccesibile omului;

2) datorită motivaţiei fundamentale de a exista, roboţii sînt „construcţii inginereşti" în realizarea cărora se reproduc aidoma o serie de caracteristici funcţionale şi de multe ori şi „arhitecturale", specifice organismelor vii (în special omului); roboţii sînt înzestraţi, de regulă, prin construcţie, cu inteligenţă (artificială), precum şi cu însuşiri proprii organismelor vii: „văz", „auz" ş.a.;

3) construind roboţi, de multe ori „după chipul şi asemănarea sa", alte ori după „chipul şi asemănarea altor fiinţe", omul se autostudiază, studiază astfel, prin modelare, alte vietăţi şi tinde, ca prin aceasta, să creeze „viaţă" pe cale artificială; el se află astfel în „căutarea vieţii", a unor forme noi de a crea sau chiar a unor noi forme de viaţă.

3.4.1. INTELIGENŢA ARTIFICIALĂ ŞI ROBOTICA

Astăzi, în lume, activitatea de producere şi utilizare a roboţilor* este din ce în ce mai mult legată de noţiunea de „inteligenţă artificială". Deoarece inteligenţa artificială este de fapt produsă în scopuri practice, cu mijloace inginereşti,

* În 1921 Karel Capek a folosit pentru prima oară cuvîntul robot în drama sa de faimă mondială „R.U.R.", „Personajul" aparţinea de domeniul fantasticului. În adevăr, pe atunci lipseau bazele obiective, tehnice, pentru un asemenea salt în necunoscut, automatica era în faşă, nu existau calculatoare electronice, cibernetica, teoria sistemelor, iar tehnologia se afla la un nivel inferior de dezvoltare.

prin reproducerea totală sau parțială, a parametrilor constructivi și funcționali ai inteligenței naturale, a „biointeligenței" deci, putem considera „robotica" ca fiind strîns legată și de bionică și deci ca fiind o ramură a bioingineriei. Dar în același timp noțiunea de inteligență artificială depășește aria strict limitată a roboticii. Într-adevăr problema inteligenței artificiale este larg dezbătută în literatura de specialitate. În mod aproape general, în momentul de față, se consideră că inteligența artificială se bazează pe posibilitatea pe care o au calculatoarele electronice de a accepta programe cu caracter de inteligență, de a prelucra date în conformitate cu aceste programe. Din acest punct de vedere, trebuie remarcat că, în spiritul acestei înțelegeri, problema inteligenței artificiale este mai curînd o problemă de modele și programe — de *software* deci, decît de utilaj în sine — adică de *hardware* [20].

Într-un dicționar, *inteligența artificială* este definită ca fiind „un termen folosit pentru descrierea utilizării calculatoarelor în așa fel încît să realizeze operații analoge cu abilitățile omenești de învățare și de luare a deciziilor".*

Pentru definirea sau descrierea inteligenței artificiale s-au pronunțat și o serie de specialiști români. În studiul *Inteligența artificială și bilanțuri de materiale* se arată că „inteligența artificială, în înțelesul utilizării calculatorului electronic într-un asemenea mod încît să realizeze operații similare cu abilitățile omului de a învăța și a lua decizii, a constituit, în ultimii 25 de ani, obiectul unor cercetări aplicative interesante în mai multe domenii de activitate. Aplicații recente se referă la diagnoza medicală, informația socială, compoziția muzicală, prelucrarea imaginilor în trei dimensiuni, traficul autohton, recunoașterea vorbirii și scrisului, jocul de șah, desenul tehnic etc.

O explicație a dezvoltării aplicațiilor inteligenței artificiale este aceea că multe modele logice de rezolvare a problemelor de către creierul omului pot fi reproduse cu ajutorul calculatorului numeric".** Considerații interesante privind inteligența artificială se datoresc și altor autori.***

* *The penguin dictionary of computers*, A. Chandor, Penguin Books, Middlesex, New York, 1978.

** L. Badea și M. Belcea, în Revista de chimie, 31, nr. 5, mai, 1980 București.

***Al. Ionescu și E. Niculescu-Mizil, fac aprecieri despre inteligența artificială în studiul *Cibernetica între inteligența umană și inteligența artificială* [31].

„Prin inteligență artificială putem înțelege o proprietate a structurilor informaționale dinamice, construite din simboluri, indiferent de forma și suportul lor fizic, implicînd ordonarea sintactică a simbolurilor și o semantică de ordinul I, caracterizată prin recepționarea de informații externe, pe plan pur informațional sau în raport cu o realitate materială (substanțială), prin construirea de metode proprii și cunoaștere asupra acesteia, inclusiv de comunicare către aceasta" [20].

Dincolo de roboți în categoria de „inteligență artificială" putem considera și sistemele cognitive artificiale, sistemele tehnice (altele decît cel uman) care învață, traduc, joacă șah, creează muzică, pictează, execută desen tehnic etc.

Așa cum rezultă din definiția prof. M. Drăgănescu suportul inteligenței artificiale poate fi arbitrar. Totuși nivelul tehnologic actual a impus ca suport structurile microelectronice (altele decît cel uman) care învață, traduc, joacă șah, prin definiție.

În domeniul inteligenței artificiale se preconizează următoarele produse industriale de largă utilizare și accesibilitate*:

— roboți industriali cu coordonare ochi-mînă;
— suplimentatori generali ai inteligenței umane prevăzuți a aborda fluxuri importante de date, producerea unor interferențe logice etc.;
— mașină de scris prin voce;
— identificatori de persoană;
— diagnostic medical automat;
— profesor robot;
— roboți secretare.

Dintre aceste aplicații practice o atenție deosebită trebuie acordată roboților „Robotul este un manipulator articulat (braț artificial) + sensori + programe + calculator electronic". În funcție de ceea ce sînt în stare să facă roboții pot fi clasificați în diferite generații:

Roboți de generația Zero în care putem distinge două tipuri: roboți de clasă joasă controlați prin secvențe mecanice sau logică cu relee și roboți de clasă medie care au un program fix, perforat pe bandă de hîrtie sau înregistrat pe bandă magnetică. Se apreciază că în 1974, 120 de firme din Japonia au vîndut roboți din aceste două clase în valoare de circa 300 milioane dolari.**

* *Spectrum*, O. Firschein și alții, IEEE, iulie 1974.
** *Robots get smarter and more versatile*, D. Yasuhiro, IEEE Spectrum, sept. 1977.

Roboți de generația I* care, față de cei din generația Zero, prezintă în plus elemente rudimentare de feed-back prin sensori.

Roboți de generația a II-a [20] comandați prin calculator, cu sensori multipli care permit identificarea și manipularea unor piese, oricum ar fi ele orientate. Aceștia sînt roboți de mînuire, asamblare și control, putînd fi caracterizați ca roboți cu coordonare ochi-mînă.

Roboți de generația a III-a, care sînt încă în stadiul previzional, se vor caracteriza prin înglobarea a tot mai multă inteligență artificială, o adaptivitate sporită la diferite activități, capabilitatea rezolvării unor probleme. Roboții de generația a III-a se vor caracteriza printr-o anumită putere de gîndire. Este cazul să arătăm că la acest mare progres au contribuit o serie de științe și tehnici moderne.

Se știe că inițial roboții au fost creați ca urmare a aplicării unor capitole clasice din fizică, mai ales a mecanicii și electricității. Odată însă cu apariția ciberneticii, prin extinderea tehnicilor ei, mașinile robot clasice — electromecanice — au cunoscut o dezvoltare, o „maturizare" spectaculoasă [16]. Influențînd hotărîtor perfecționarea automaticii, pe baza electronicii, pînă la stadiul superior al fabricării calculatoarelor și utilizării lor în această automatizare, cibernetica a influențat și perfecționarea roboților și, ca o consecință, întrebuințarea acestora în unele domenii ale activităților sociale-productive este în creștere [16]. După unele aprecieri, numărul roboților industriali în funcțiune în întreaga lume se înscria (în 1978) între 4 000—5 000, cu evidente semne de înmulțire. În acest sens firma americană Frost & Sulivan a evaluat cifra de afaceri a „industriei de roboți" la nivelul de 70 milioane D.M., estimînd că în anul 1980 se va ajunge la 1 miliard, iar în 1985 la 1,7 miliarde D.M. Alte surse apreciau că (în 1980) în S.U.A. existau 12 000 de roboți de tot felul, în Japonia 18 000, iar în Europa occidentală 6 000—7 000, dar se consideră că, în paralel cu perfecționările marcate de evoluția tehnicii, numărul roboților va crește de 5—10 ori, în anul 2000. Oricum, și după părerea noastră, construcția și utilizarea roboților vor progresa. Spre exemplu, roboții sînt folosiți pentru operații de lăcuire în mediul toxic în industria automobilelor; în industria sticlei, la locuri cu temperaturi

* *Les robots deviennent-ils majeurs?*, B. Fontaine, L'informatique nouvelle, febr., 1977.

ridicate şi cu cantităţi mari de praf în suspensie; în industria energiei nucleare etc.

În condiţiile actualei revoluţii ştiinţifice şi tehnice, a perfecţionării automatizării, au apărut roboţi pe care omul, creatorul lor, i-a înzestrat cu unele dintre calităţile sale [16]. Roboţii la care ne referim nu sînt oameni artificiali ci, aşa cum spunea prof. Hans-Jürgen Warnecke, de la Universitatea din Stuttgart, „un nou mijloc suplimentar de raţionalizare şi automatizare". El consideră absurdă părerea că un robot ar putea, de pildă, să treacă cu succes examenul de şofer, să conducă un automobil sau că noţiunea de robot industrial se referă la maşini cu calităţi similare omului, deşi, după părerea noastră, aceste rezerve ni se par exagerate. Roboţii pot sau nu să aibă aspect constructiv-arhitectural asemănător fiinţelor umane.

Deşi roboţii sînt cunoscuţi omenirii cel puţin din perioada dintre cele două războaie mondiale, despre producerea şi utilizarea lor, practic se poate vorbi numai în ultimele 2—3 decenii. Astfel, în anii '60 în Japonia, S.U.A., şi zece ani mai tîrziu, în Europa, roboţii din prima generaţie sînt „orbi", „surzi" şi „insensibili". Acum se dezvoltă roboţi din generaţia a doua, care sînt prevăzuţi cu un sistem de percepţie şi senzorial adaptat necesităţilor unor anume activităţi, fără însă a depăşi cu mult limitele confraţilor lor din prima generaţie. Speranţe ceva mai mari se pun în roboţii din generaţia a treia, la care funcţiile senzoriale vor fi mai bine dezvoltate şi care vor dispune şi de un anumit grad de inteligenţă, situîndu-se astfel deasupra stării de maşini neînsufleţite şi care, după părerea profesorului Warnecke nu vor apare înainte de anul 1985. Iată de ce, în opinia noastră, întrebarea dacă cibernetica poate crea roboţi cu „sentimente" sau care să „gîndească", poate avea, într-un anumit sens, un răspuns afirmativ! Aceasta însă numai dacă acceptăm categoriile de „sentimente" şi „gîndire" nu numai în sens biofiziologic, ci într-un sens mult mai larg, foarte general, filosofic, ca pe nişte „sentimente" sau „gîndire" produse, nu ca un efect genetic ci ca un efect „sintetic", ca produse „artificiale", „simulate", în raport cu sentimentele şi gîndirea obţinute pe căi naturale. În această ordine de idei, a gîndirii artificiale pe care o enunţăm numai ca pe o ipoteză, încurajator ar fi exemplul robotului Arok pe care-l vom invoca pe parcursul acestei lucrări.

La întrebarea dacă cibernetica ar putea favoriza crearea de roboţi care să scape controlului gîndirii omeneşti, acest pe-

ricol, după părerea noastră, nu există căci gîndirea naturală, omenească, va fi întotdeauna superioară oricărei alte forme de gîndire „simulată", „sintetică", „artificială" realizată pe orice altă cale. Facem această afirmație optimistă în ciuda faptului că Norbert Wiener era, în urmă cu mai bine de trei decenii, mult mai circumspect. El afirma: „am auzit de atîtea ori afirmația că mașinile care învață nu ne pot expune la pericole noi, din cauză că putem să le oprim cînd ne place. Întrebarea este dacă putem. Pentru a opri o mașină efectiv, noi trebuie să posedăm informația dacă a apărut punctul periculos. Simplul fapt că noi am construit mașina nu ne garantează că vom avea informația potrivită pentru a o face... Mai mult, chiar viteza de operație a mașinilor moderne digitale este o piedică în capacitatea noastră de a percepe și a gîndi profund indicațiile de pericol" [21]. Sub aspectele pe care Wiener le semnalează desigur că argumentele formulate mai sus nu pot fi respinse. Practica a și început să confirme asemenea temeri, cum sînt cele pe care le formula Wiener și pe care le-am citat mai sus. Astfel, în laboratorul de „mașini inteligente" al universității statului Florida s-a petrecut un caz care amintește, într-o manieră alarmantă, de temerile lui Norbert Wiener menționate deja. Ca urmare a unui dereglaj în sistemul de comandă, un manipulator electronic, în formă de mînă omenească, a „refuzat" să execute comanda dată de operator, ba mai mult s-a „răzvrătit" începînd să apuce și să arunce prin laborator tot ce putea înhăța, pentru ca, în cele din urmă, să-și smulgă propriul „umăr". Întîmplarea a provocat o serioasă îngrijorare în rîndul lucrătorilor laboratorului, întrucît ei experimentau manipulatoare destinate să lucreze în medii cu un nivel sporit de radiații, unde ieșirea de sub control a robotului poate să aibă urmări periculoase.

3.4.2. ROBOTICA INDUSTRIALĂ

Domeniul în care roboții moderni au cea mai largă întrebuințare este poate cel industrial. În rîndurile specialiștilor de la noi, noțiunea de „inteligență artificială" este confundată cu cea de robotică industrială. După părerea noastră însă inteligența artificială depășește sfera roboticii industriale, vizînd întreaga robotică, indiferent de domeniile industriale, depășind chiar și sfera acesteia.

De altfel, și diferențierile dintre definițiile generale ale roboților, definiții pe care le-am prezentat la începutul pa-

ragrafului 3.4.1. şi cele date în particular roboţilor industriali, demonstrează afirmaţiile noastre de mai sus. Prof. dr. doc. ing. Traian Demian arăta că: „Roboţii industriali reprezintă cea mai înaltă treaptă de construcţie tehnologică din deceniul opt al secolului nostru pentru activitatea de producţie. Ei sînt echipamente complexe, capabile să efectueze mişcări de translaţie, rotaţie şi apucare-eliberare, programabile pentru succesiuni variate în condiţiile unor parametri variabili. Astăzi, robotul industrial îndeplineşte o serie de funcţii complexe, dar elementare totuşi în raport cu cele ale omului.

Robotul nu este deci un „om artificial", aşa cum adeseori se crede — ci, ca simbol al evoluţiei tehnice, el rămîne în sfera unor aparate, mai complexe, capabile să înfăptuiască relaţii funcţionale determinate între diferite mărimi fizice. Dealtfel, definiţia acceptată aproape unanim astăzi subliniază că, robotul industrial este un aparat de manipulare programabil, care poate efectua diferite mişcări în spaţiu, într-o manieră automată. Ca loc, robotul industrial se poate situa între o maşină de producţie specializată şi om, în sensul că: este mult mai uşor de programat şi mai universal ca utilizare decît o maşină specializată, însă în utilizarea lui el nu va fi niciodată la fel de adaptabil ca omul. Asemănarea cu omul constă în funcţia lui, aceea de a înlocui omul, braţele şi ochii lui, în operaţii periculoase, dezagreabile, monotone, de precizie ridicată"*.

Prof. dr. ing. Dolphi Drimer, arăta că „Am putea numi robot o maşină dotată cu program pentru a executa operaţii tehnologice de înaltă productivitate şi care poate avea ataşată la „terminaţia" ei, practic, orice unealtă. Este, dacă vreţi, o maşină inteligentă. Deosebirea de maşinile-unelte cu program constă în manevrabilitate. Robotului putem să-i modificăm lesne programul, să-i imprimăm o flexibilitate în procesul de producţie apropiată de cea biologică. În plus, el îşi optimizează singur mişcările, prin însuşi programul său intern. Este, în acest sens, o maşină care învaţă!".**

Referindu-se la robotică, acelaşi om de ştiinţă aprecia că: „această nouă ştiinţă, dacă o putem numi astfel, face apel concomitent la cele mai avansate cunoştinţe de mecanică, hidraulică, teoria mecanismelor, automatică, electronică şi, bi-

* „Inteligenţa" roboţilor industriali în slujba modernizării economiei, 1980.

** „Atenţie, roboţii!" 1979.

neînțeles, tehnologie. Practic, trebuie să imităm omul și gîndirea sa în procesul de producție. Uluitor de complicat. Batem un cui în perete... Chiar și acest act simplu, devenit mecanic, reflex, implică o continuă conversație — nu prin vorbe — a omului cu lumea înconjurătoare. Este deci necesar ca să-l facem și pe robot capabil să poarte această conversație. Trebuie să-i dăm coordonatele matematice ale punctului în care va bate cuiul, trebuie ca el să poată prinde ciocanul, să se asigure că piesa nu e defectă (de pildă, că are „floare"), să așeze ciocanul în poziția justă și apoi să verifice că este în adevăr perpendicular pe perete, să comande declanșarea dispozitivului de percuție și să nimerească exact centrul „florii", apoi să se convingă că între timp nu s-a deplasat cuiul și abia după aceea să treacă la pasul următor ș.a.m.d. În fond, sînt zeci de acțiuni, dirijate de creier și contopite într-una singură. Toate acestea omul le face inconștient, după ce, prin practică, a integrat o sumedenie de procese distincte, desfășurate fiecare pe parcursul cîtorva secunde și le-a optimizat. Privindu-l ai impresia că asiști la executarea unei simfonii. Or, actele reflexe trebuie modelate matematic și comunicate robotului. Dar noi nici nu știm, în toate amănuntele, cum și unde se formează ele la om! Din fericire, deși medicina și biologia nu au dat încă toate răspunsurile, cunoaștem suficient pentru a construi roboți. Și este un semn al acestui sfîrșit de veac dominat de cibernetică faptul că noi, specialiști în construcția de mașini, colaborăm permanent cu centrul de biotehnologie, situat la cîțiva metri de facultatea noastră și condus de conferențiarul universitar Mihai Nicu, doctor în științe medicale".

Legat de producerea roboților industriali, prof. T. Demian arăta că: „În țara noastră preocupări organizate privind manipularea automată a pieselor și roboților industriali au apărut în 1975, cînd, la catedra de mecanică fină a Institutului politehnic București, s-au elaborat proiecte de diplomă din domeniul roboților industriali și cercetări ale cadrelor didactice și studenților, finalizate cu proiectarea și realizarea practică a unor dispozitive de apucare-eliberare, echipamente de programare și comandă a roboților și chiar pentru acționare-execuție la nivelul modelelor experimentale. Pentru a crea un cîmp larg introducerii tehnologiilor noi în producție, extinderii montajului automat, Institutul central pentru construcția de mașini din București și-a accentuat, în ultimii ani, preocupările pentru proiectarea și realizarea manipulatoarelor

automate și roboților, iar Institutul de cercetări pentru mașini-unelte și agregate din București a dezvoltat cercetările privind manipularea automată pentru servirea mașinilor-unelte. Spre a aduce o contribuție activă la realizarea sarcinilor stabilite în acest domeniu de Congresul al XII-lea al P.C.R., Institutul politehnic din București a elaborat un plan prioritar de cercetare la care participă cadre didactice de la mai multe catedre, doctoranzi, studenți".*

În România, printre creatorii roboticii moderne se numără ing. Ioan Crișan, directorul general al Institutului central de cercetări și proiectări pentru tehnologia construcțiilor de mașini, prof. dr. ing. Dolphi Drimer, de la Facultatea de tehnologie a construcțiilor de mașini, ing. Adrian Paris și ing. Constantin Petrescu. La facultatea de tehnologie a construcțiilor de mașini au fost construiți pînă acum doi roboți, printr-o colaborare eficientă dintre mai multe catedre universitare din București și Timișoara, Institutul central de cercetări și proiectări pentru tehnologia construcțiilor de mașini, Institutul de proiectări automatizări, Institutul de cercetări pentru mașini-unelte și agregate București — în cadrul unui program coordonat de Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie.

Introducerea roboților în industrie nu mai este un vis, o perspectivă îndepărtată, nebuloasă. Primul din cei doi roboți „lucrează" în prezent la o întreprindere constructoare de mașini. El este un robot hidraulic, conceput de cei patru specialiști amintiți și este utilizat ca operator la mai multe mașini de turnat sub presiune. Poliservirea apare, astfel, ca una din principalele rațiuni economice ce justifică folosirea roboților în industrie.

Robotul nr. 2 este specializat în sudura caroseriilor auto.

Referindu-se la „creierul" electronic foarte dezvoltat al acestui robot, D. Drimer, spunea că acesta „constituie un adevărat record de miniaturizare. Într-un spațiu de cîțiva zeci de centimetri cubi s-a înmagazinat capacitatea de lucru a unui ordinator care, construit cu o tehnică mai puțin perfecționată, ar ocupa un etaj. Pentru realizarea acestei inteligențe artificiale colectivul nostru a colaborat cu una din cele mai mari companii producătoare de roboți din lume, o firmă americană de mare prestigiu. Subliniez, am colaborat: a fost o conlucrare reală, de la egal la egal, americanii declarîndu-se interesați în unele idei și concepții originale ale specialiștilor

* *„Inteligența" roboților industriali...*, 1980.

români. Şi noi, firește, am profitat din plin de experiența și de tehnologia partenerului. Rezultatul: robotul a fost realizat în mai puțin de un an, ceea ce reprezintă o înfăptuire tehnică remarcabilă. Îndrăznesc să afirm că în momentul de față s-a

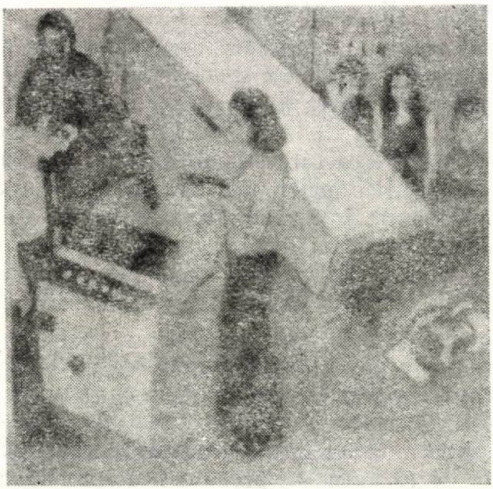


Fig. 46. — Robot industrial creat la Institutul Politehnic din București

conturat o concepție de cercetare și de proiectare pentru fabricarea de roboți în România. De altfel în proiectul de Directive ale Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român se specifică în mod clar că „vor fi intensificate cercetările în domeniul microprocesoarelor, al cibernetizării proceselor tehnologice, al utilizării roboților industriali".*

Un al treilea robot, mai mic, realizat tot la catedra de tehnologia materialelor și sudură, va servi în calitate de controlor cu ultrasunete în industria nucleară, fiind imun la radiații. „Părinții" săi sînt prof D. Drimer, ing. C. Ionescu, ing. V. Negulescu și tehn. S. Păun.

În politehnica bucureșteană, cei angajați în proiectarea de roboți au conturat idei precise de viitor, realizabile din punct de vedere tehnic și de mare eficiență potențială:

— roboți auditivi, care să asculte de vocea omenească;

* *Atenție, roboții!, 1979.*

— roboți pentru alimentare automată a mașinilor-unelte, ceea ce ar permite, în principiu, cel puțin dublarea productivității muncii folosindu-se actualele mașini-unelte. Alimentarea automată este o problemă de mare însemnătate și interes, după cum s-a relevat și la Plenara Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie din anul 1979;

— roboți pentru metalizare, nerealizați încă pe plan mondial, dar la care se gîndesc specialiștii români, vor avea un mare rol în recondiționarea și refolosirea materialelor. Să luăm, de pildă, arborii cotiți de la autoturisme, piese de construcție dificilă și costisitoare, a căror recondiționare ar aduce economii, într-o perspectivă mai lungă, de sute de milioane de lei. Aceasta ar presupune însă remetalizarea lor cu ajutorul unui pistol cu pulbere metalică depusă în jet de plasmă. Operație greoaie și cu un anumit grad de toxicitate; pentru protecție se lucrează în costume ca de scafandru! Roboții ar fi muncitori ideali.

Chiar și din această scurtă enumerare se desprind domeniile preferențiale pentru roboți: locuri cu condiții mai grele de muncă — vopsitorie în mediu toxic, galvanizare, turnătorie, forjă, sudură, acele sectoare ale industriei nucleare unde există pericol de radiații —, precum și asamblări unde intervin mișcări repetitive, plictisitoare, epuizante în unele situații, pentru om, în special pentru femei. Robotul nu se plictisește, nu obosește, se simte în largul lui doar în trei schimburi (iată deci o altă contribuție posibilă a sa la realizarea unui deziderat major al industriei noastre și anume utilizarea intensivă a mașinilor) și se dovedește a fi foarte fiabil. Țelul specialiștilor noștri este de a construi roboți care să lucreze minimum două mii de ore fără o întreținere specială, fără „concediu medical", fără a fi duși la reparații.

O deosebită atenție se acordă autocontrolului, în sensul că robotul însuși verifică fiecare operație și nu trece la următoarea fără a se asigura că totul decurge conform programului. Altfel, ar exista pericolul ca muncitorul automat să distrugă mașina, fără a se putea opri, așa cum am și exemplificat în paginile anterioare (cazul robotului „răzvrătit").

În urma unor studii psihofizice de organizare ergonomică a locurilor de muncă, un colectiv de specialiști din Institutul de proiectări pentru industria ușoară (I.P.I.U.) din București a stabilit oportunitatea introducerii roboților industriali pentru anumite posturi de lucru. Un asemenea loc de muncă îl constituie presele de ambutisare unde, avînd în vedere securitatea

muncii, repetitivitatea și conținutul muncii (nivelul de interes al operatorului), productivitatea limitată etc., se justifică înlocuirea operatorului uman cu un robot.

Primul model experimental, un robot de tip RIP-80 — conceput de specialiști de la I.P.I.U., și realizat în cooperare cu Întreprinderea de aparatură și utilaj de cercetare București — a fost montat pe o presă hidraulică din Întreprinderea „Metaloglobus" București, la care se prelucrează carcasele pentru filtre de motorină. Spre deosebire de alți roboți industriali, care prezintă o oarecare independență, în cazul de față presa și robotul constituie un ansamblu unitar, ele fiind interconectate. Operațiile pe care le execută robotul sînt următoarele: scoate piesa din depozit, o așează pe masa de centrare, îi verifică grosimea, o stropește cu emulsie pentru ambutisare, o introduce în presă, aruncînd în prealabil piesa ambutisată anterior, se retrage și apoi comandă pornirea presei, după care tot ciclul se reia de la capăt. Sînt exact operațiile pe care le executau și cei doi operatori care serveau presa; în cazul robotului productivitatea este însă cu 24% mai mare, ceea ce înseamnă un plus de 95 de piese în fiecare oră.

La „Metaloglobus" s-a realizat doar începutul acestui proces de robotizare, deoarece specialiștii de la I.P.I.U. au în vedere, în urma unor studii de optimizare a fluxurilor de fabricație în șase întreprinderi din cadrul Ministerului Industriei Ușoare, introducerea acestui tip de robot pe încă alte 20—30 de prese de ambutisare și pe alte tipuri de prese.

La capătul unor asidue și fructuoase colaborări, un colectiv de cadre didactice universitare de la Institutul politehnic „Traian Vuia" condus de prof. dr. ing. Tiberiu Mureșan și prof. dr. Kovacs Francisc, în colaborare cu specialiști ai întreprinderii „Electromotor" din Timișoara, au anunțat (la începutul lui 1981) că au reușit să realizeze un original robot industrial, primul de acest fel din țară. Această performanță înscrie o nouă pagină în cartea de onoare a tehnicii de vîrf.

Acest cap de serie se bucură de toate performanțele tehnico-funcționale ale unui utilaj complex, cu nimic inferior altor produse similare create pe plan mondial.

Robotul REMT 1, pus în fabricație la întreprinderea „Electromotor", dispune de tot ce este necesar celor „cinci grade de libertate" în spațiul, care-i permit să facă toate mișcările pe verticală, orizontală, întinderea brațului, rotire, răsucire, impuse de misiunea sa într-un punct-cheie al produc-

ţiei. Oricît de curios ar părea, cu ajutorul programului său de învăţare „punct cu punct", robotul lucrează cu o mînă, trei schimburi în 24 ore, operînd în acelaşi timp la două strunguri, la două maşini de frezat şi la două magazii de piese, avînd în subordine o întreagă secţie de fabricaţie unde se produc arborii de la motoarele electrice. REMT 1 execută practic munca a 18 muncitori de înaltă calificare.

Ing. Vasile Tanvuia, unul dintre cei şase specialişti de la „Electromotor", care a lucrat permanent alături de cadrele didactice universitare la realizarea robotului, afirmă că o eventuală defecţiune nu va avea loc datorită robotului, care, în acelaşi timp, este un veritabil controlor tehnic de calitate. S-ar putea ca într-adevăr una dintre maşinile-unelte să sufere o defecţiune, dar şi în acest caz robotul va fi capabil să ia o decizie optimă datorită „creierului" său electronic, ocolind utilajul respectiv, semnalizînd dereglarea optic sau sonor şi, bineînţeles, continuînd lucrul la celelalte trei maşini.

Dr. ing. Ioan Micşa completa, că „pe lîngă cele arătate robotul a fost adaptat rapid şi economic la orice fel de operaţie industrială; el poate manipula tot atît de bine utilajul de forjă şi tratament termic, poate suda, fileta, vopsi, metaliza sau îşi poate eventual schimba mîna; cea actuală este o mînă mecanică cu elemente elastice şi deşi cîntăreşte doar 19,3 kg poate ridica piese de pînă la . . . 50 kg — ceea ce reprezintă o performanţă — şi fără riscul de a le scăpa, datorită proprietăţii sale de autofrînare. De fapt, pentru a alege această variantă au fost concepute zeci de modele de mîini şi nu numai pentru acest tip de robot, ci pentru toate tipurile care se vor construi în ţara noastră".

Tema destinată roboţilor industriali nu este singura din cadrul programului naţional de robotizare a producţiei, care se realizează la Timişoara, după cum nici acest robot, în ordine cronologică, nu este primul, el fiind precedat de alte cîteva modele didactice şi experimentale care au stat la baza concepţiei lui. Important este faptul că REMT 1 inaugurează o întreagă familie de roboţi industriali, care se vor realiza la Politehnica timişoreană, în cadrul unor contracte de colaborare cu producţia.

Alte două tipuri construite pentru întreprinderile „Ambalajul mecanic" şi „Textila" aşteaptă să înceapă lucrul.

Deşi ne aflăm încă în faza de început, introducerea treptată a roboţilor în industrie se prefigurează ca un imperativ. Nu încape îndoială că peste cîţiva ani unul din indicatorii

principali ai nivelului de dezvoltare a industriei și ai productivității muncii va fi numărul de roboți folosiți în economie. Direcția tehnică a Întreprinderii de autoturisme Pitești aprecia că cerințele sporite de producție ale uzinei vor impune și utilizarea roboților, firește, pentru a-i elibera pe lucrători de muncile grele și repetitive, permițîndu-le să se concentreze asupra activităților productive.

În Programul-directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000, adoptat de Congresul al XII-lea al P.C.R., se arată că „în electronică și electrotehnică cercetarea științifică are sarcina să asigure automatizarea complexă și cibernetizarea în toate ramurile economiei, inclusiv prin realizarea roboților industriali" [3], ceea ce va fi de natură să dezvolte atît producția roboților la noi, cît și utilizarea lor.

În lume roboții au largi întrebuințări în industrie, iar dinamica accelerată a producerii și utilizării lor, pe care am prezentat-o în paragraful 3.4.1. dovedește aceasta.

În sprijinul acestei afirmații prezentăm în continuare, ceea ce scria revista americană „International Management" într-unul din numerele sale din anul 1978 despre roboții în industrie.*

„Cercetătorii japonezi, scrie revista, au creat un robot capabil el însuși să asambleze un aspirator de praf. Robotul poate alege și lua piese/ansamble, poate să le așeze în poziție corectă pentru asamblare și să le asambleze apoi pînă ce întreg aspiratorul este gata pentru a fi utilizat.

Realizată în cadrul companiei japoneze Hitachi Ltd, invenția reprezintă un progres tehnologic important în dezvoltarea roboților industriali. În cursul următorilor ani este posibilă introducerea în industrie a unui număr mărit de roboți, pentru a îndeplini activități de asamblare și subasamblare. Eventual, se presupune chiar că aceștia vor înlocui muncitori cu înaltă calificare în munca de asamblare. Multe companii care puneau înainte sub semnul îndoielii siguranța în funcționare și eficiența economică a roboților, au acum în vedere cu mare atenție utilizarea lor.

Roboții au devenit familiari în aproape toate marile întreprinderi pentru construcții de mașini unde sînt utilizați în

* *Sosesc roboții (vremea roboților)*, „International Management", vol. 33, nr. 7, iulie 1978, Mc. Graw Hill Publication.

mod curent, în special pentru operații de sudare și forjare. Firma italiană de mașini FIAT, care utiliza 60 de roboți, este considerată ca avînd cea mai mare instalație cu roboți în Europa apuseană. Firma își reorganizează în mod curent întreaga ei fabrică Mirafiori pentru a servi linia de sudare cu roboți-sudori.

Roboții utilizați în industrie sînt foarte asemănători celor descriși în romanele științifico-fantastice. Roboții industriali sînt echipați, în general, cu brațe puternice prevăzute cu dispozitive de prindere sau alte dispozitive industriale pentru producție. Mici calculatoare le asigură „inteligența" de a urmări anumite comenzi (instrucțiuni). Ei sînt programați să execute o serie de acțiuni, în mod uzual pînă la 500 de pași, cu o mare manevrabilitate.

„Un robot poate fi învățat să facă ceva numai prin simpla arătare a mișcărilor ce sînt necesare a fi efectuate", declara Joseph Engelberger, președintele companiei Unimation Inc., o mare producătoare de roboți industriali din S.U.A. „Memoria sa înregistrează fiecare acțiune". Cînd produsul este schimbat sau cînd robotului i se cere o altă muncă, programul său și dispozitivele de muncă trebuie schimbate.

Ca un exemplu în această direcție poate fi citat modul de programare a roboților pentru vopsirea prin pulverizare la firma FIAT. Mișcările necesare vopsitoriei erau foarte complicate. În final au fost luați cei mai buni vopsitori, analizați, înregistrîndu-li-se fiecare mișcare a umerilor, brațelor, coatelor, încheieturilor mîinilor, degetelor și introduse în programele roboților. Acum ei execută exact aceleași mișcări.

Roboții pot efectua lucrări foarte variate: încarcă cuptoare, încărcă și descărcă mașini; pot măcina (pisa, ascuți, poliza, efectua rodaje), lustrui (finisa), găuri, poansona.

Modelele de roboți în curs de realizare reprezintă însă ceva mai mult decît obișnuitele mașini-unelte. Nissan Motor Ltd. în Japonia utiliza încă din anul 1979 roboții pentru asamblarea principalelor componente ale motoarelor.

Din punct de vedere tehnic, roboții pot fi utilizați pentru asamblarea (montarea) mașinilor, panourilor cu instrumentație de control (de automatizare) și chiar instalarea unor complexe sisteme electrice, spun inginerii companiei NISSAN.

Kanematsu-Gosho Ltd. o companie de import-export japoneză utiliza de mai mulți ani un autovehicul-lift cu furcă, condus de un robot, pentru identificarea unei anumite locații

într-o zonă de depozitare, extragerea conținutului și livrarea acestuia acolo unde este necesar.

Fabricanții de roboți au perfecționat modele cu două brațe coordonate, pentru utilizarea acestora în munca de asamblare. Acești roboți, ca cel utilizat în asamblarea aspiratoarelor de praf, sînt de mai mult timp în funcțiune.

Fabricanții au încercat, de asemenea, să prevadă roboții cu „vedere" și chiar cu simțul pipăitului astfel încît să poată „simți" suprafețele. Roboții din 1978 erau încă „orbi". Ei erau incapabili să detecteze un obiect, în afara cazului că acesta era amplasat într-un loc predeterminat, fiind capabili să apuce acel obiect numai dacă este așezat într-o anumită poziție „corectă". Roboții erau în imposibilitate de a alege o anumită piesă cerută dintr-o grămadă amestecată. Odată cu introducerea lor, roboții cu traductoare îndeplinesc activități de natura controlului calității, precum identificarea și evaluarea defectelor.

În 1978, marea majoritate a roboților industriali erau utilizați în procesele industriale pentru eliberarea muncitorilor de cele mai murdare și grele activități, care reprezentau și cele mai mari cheltuieli. Companiile au raportat că recuperarea costului unui robot se face prin folosirea lui la muncă timp de circa 18 luni. Producătorii de mașini în S.U.A. calculau, pentru anul 1978, costul unui robot la 4.20 $/h, incluzînd atît echipamentele, întreținerea, repararea, cît și deprecierea lui.

Cu toate că, în general, roboții nu lucrează mai repede decît oamenii, ei îi înlocuiesc pe aceștia cu o productivitate mai mare, după cum afirmă reprezentanții diferitelor companii: o mai mare flexibilitate, timp neproductiv mai puțin, calitate mai bună și pierderi reduse. În turnarea sub presiune, de exemplu se obține o calitate mai bună și mai uniformă, ca rezultat al turnărilor neîntrerupte.

Canadian Pacific Rail, care utilizează roboți pentru prelucrările mecanice ale diferitelor componente, a raportat o creștere a productivității de 300%. Ca urmare, cele trei schimburi de lucru au fost reduse la unul singur.

Companiile care utilizează roboți pentru sudare, obțin, de asemenea, rezultate mai bune și mai uniforme. Rebuturile roboților sînt practic nule (la fabrica Ford-Werke AG din R. F. Germania). Sudurile făcute de roboți sînt corecte, spre deosebire de cele manuale care pot fi greșite; acesta a fost fac-

torul determinant în luarea deciziei pentru introducerea roboţilor la întreprinderea respectivă.

VOLVO are 44 de roboţi pentru sudura în puncte şi alţi 2 pentru manipularea materialelor şi activităţi de măsurare. Capacitatea lor este aproape aceeaşi ca şi a omului, dar roboţii muncesc 16 ore pe zi cu numai 3% din timp pentru pauze; în cîteva companii ei muncesc chiar 24 ore pe zi; de exemplu firma Druckgusswerk Mössner GmbH producătoare de metal din R. F. Germania utilizează 5 roboţi la maşinile de turnare sub presiune (turnare în cochilă). Firma a trecut prin perioade dificile în recrutarea personalului pentru munca în turnătorii. Rareori muncitorii stăteau 18 luni, fiind necesară instruirea altora ceea ce însemna timp şi bani. Fiecare din roboţii firmei Mössner înlocuind 6 lucrători, cîte 2 din fiecare schimb. Operatorii rămaşi în schimburi au fost instruiţi să programeze şi să supervizeze roboţii. Trei roboţi suplimentari erau supravegheaţi de acelaşi om, eficienţa acestor roboţi crescînd foarte mult.

Fabrica de sticlă a companiei vest-germane Glaswerk Schott & Gen. GmbH este fierbinte şi murdară. Fumul aproape te sufocă. Compania produce componente din sticlă la temperatura de 420°C (destinate aparatelor de televiziune) care trebuie ridicate de pe matriţe odată la fiecare 6 sec., răsturnate şi amplasate pe prese rotative pentru găurire. Apoi panourile sînt luate şi aşezate pe benzi transportoare pentru răcire înainte de stivuire. Ritmul de lucru este rapid.

Pînă nu demult aceste activităţi erau prestate de muncitori cu costume de protecţie de azbest. Acum sînt efectuate de roboţi. Fiecare din cei 5 roboţi este prevăzut cu ventuze cu vacuum şi programat să exercite presiunea corectă pentru prelevarea şi depunerea panourilor de sticlă, care sînt încă moi datorită căldurii procesului de producţie, fără deteriorarea acestora.

Roboţii pot manipula 5 diferite tipuri şi mărimi de panouri de sticlă. Programele roboţilor sînt schimbate — treabă de 5 minute — la fiecare 4 săptămîni, corespunzător planurilor de producţie.

Compania are un robot de rezervă astfel încît fiecare alt robot poate fi scos din producţie pentru întreţinere, la 10 000 ore de funcţionare. Roboţii sînt în acest timp (de întreţinere) utilizaţi şi la diferite experimente pentru a vedea cum pot fi folosiţi şi pentru alte activităţi.

Fiecare robot a înlocuit 9 muncitori, 3 în fiecare schimb. Timpul neproductiv a fost redus de la 5% la 0,3%. Deteriorarea panourilor de sticlă a fost redusă cu 5%. Multe din aceste rezultate sînt datorate inginerilor firmei care au adaptat ei însăşi roboţii şi aplicarea acestora.

Companiei Schott i-a trebuit aproape un an pentru a avea primul robot în funcţionare la capacitate totală. Aceasta datorită, în primul rînd, dificultăţilor întîlnite în coordonarea roboţilor cu maşinile existente. Cîteva din maşinile existente au trebuit să fie modificate pentru a corespunde cerinţelor roboţilor. Compania estimează că vor fi necesari 5 ani pentru amortizarea întregului cost al roboţilor săi şi a echipamentului auxiliar. Aceasta presupune un minimum de creştere a productivităţii cu 33% prin eficienţă sporită şi reducerea pierderilor.

Pentru compania Schott, costul introducerii în producţie a roboţilor săi a fost la fel cu cel al cumpărării acestora. Acesta a inclus preţul adaptării maşinilor, reproiectării activităţilor în jurul roboţilor, instalării dispozitivelor de control şi al instruirii personalului de întreţinere şi supraveghere a roboţilor. Pentru un singur proces, costul marginal al instalării unui robot a crescut cu 75% din suma totală. Costul instalării ultimului robot (1978) la firma Schott a fost de circa 125 000 $ cu 15 000 $ mai puţin decît fusese iniţial estimat.

Compania apreciază că jumătate din activităţile fabricii de sticlă, care în 1978 folosea 4 500 oameni, pot fi eventual prestate în mod complet de către roboţi.

Roboţi industriali, de cele mai diferite tipuri, au fost prezentaţi în cadrul expoziţiei tehnice „Roboţi '77", care a avut loc (1977) la Moscova. Expoziţia a oferit o imagine cuprinzătoare asupra stadiului la care a ajuns pe plan internaţional tehnica roboţilor destinaţi industriei metalurgice. R. D. Germană a expus, printre altele, patru maşini de prelucrat cu comandă numerică şi un strung cu comandă numerică dirijate simultan de un calculator miniaturizat. S.U.A. au prezentat un robot care „mînuieşte" piese grele pînă la 136 kg, cu o viteză de 1,27 m/sec., iar japonezii o „mînă robot" pentru servirea a 5 maşini.

Roboţii „inteligenţi", adică capabili de a îndeplini concomitent funcţii ale braţului şi mîinii (apucarea diferitelor obiecte, mişcări circulare), ale picioarelor (deplasări în toate sensurile), ale ochiului (cu ajutorul unui sensor electronic), ale

creierului (cu ajutorul minicomputerilor) au intrat în fabricația de serie într-un șir de state, în primul rînd în Japonia, aflată pe primul loc în lume la acest capitol. O unitate experimentală de uzinaj, instalată în această țară, funcționează de mai mulți ani fără nici un fel de personal, efectuînd cu un mare grad de precizie toată gama de operațiuni: strunjire, rectificare, frezare, alezaj ș.a., grație unor mașini-unelte supuse controlului permanent al unor microprelucrători, coordonați la rîndul lor de către un minicomputer central. Față de o unitate similară folosind munca oamenilor, productivitatea a crescut cu 50%. Din cei 33 000 de roboți funcționînd în 1979 în lume, 30 000 se aflau în Japonia, iar din aceștia 25% sînt în măsură să exercite toate funcțiile amintite.

Supremația actuală a Japoniei în domeniul roboticii este confirmată și de faptul că, în prima parte a anului 1981, compania japoneză „Fudzitsu" a realizat o uzină automatizată complet, care „procrează" ... roboți. Noua uzină este servită de numai 100 de muncitori, care fac de serviciu, cîte opt ore pe zi, pentru a urmări liniile de roboți ce produc ... roboți. Fiecare sector al uzinei este compus dintr-o mașină-unealtă și dintr-un manipulator complex condus de un calculator. Cărucioare automate circulă între magazie și diversele sectoare ale halei de montaj. Materia primă se încarcă automat în cărucioare, ajunge la sectorul respectiv, unde este prelucrată, se reîntoarce la cărucior și se transmite automat următorului stadiu al procesului de producție. După aprecierile companiei, unei uzine obișnuite i-ar fi fost necesar un număr de muncitori de cinci ori mai mare pentru aceeași producție.

Institutul central pentru tehnica sudurii din Halle primește numeroase comenzi de pe tot cuprinsul țării. Răspunsul la aceste solicitări poate fi găsit în cele peste 10 000 teme de cercetare efectuate în institut, în cele peste 6 000 de noi tehnologii elaborate și în realizarea a peste 900 de agregate și aparate pînă în vara anului 1976. Unul din cele mai prestigioase rezultate ale activității colectivului de cercetători este sudorul-robot, care permite automatizarea operațiunilor de sudură a pieselor pentru autoturismele de mic litraj, Trabant, fabricate de uzina de automobile din Zwickau.

Ca urmare a automatizării muncii sudorilor de la această uzină, paralel cu îmbunătățirea calității și preciziei în executarea sudurii, productivitatea muncii a crescut cu 30%. Totodată, robotul-sudor a eliberat o forță de muncă de înaltă calificare, care a putut fi utilizată în alte compartimente pro-

ductive ale uzinei şi a permis extinderea sudurii automate într-un număr de unităţi ale industriei navale şi de automobile şi în alte ramuri.

Eficienţa muncii de cercetare ce se desfăşoară în Institutul pentru tehnica sudurii din Halle se exprimă şi în faptul că pentru fiecare marcă investită în cercetare şi proiectare se obţine în producţie un beneficiu de 12 mărci.

Sudarea cabinelor de tractoare de la Uzinele de tractoare din Minsk, U.R.S.S. a fost preluată, începînd din 1980, de o generaţie de roboţi denumită ITEKAR. Automatul, constituit dintr-un manipulator ghidat cu ajutorul unui ordinator se deplasează şi poate funcţiona în cel puţin cinci planuri. ITEKAR-ul are o bună memorie, descoperind rapid pe masa de lucru piesele necesare şi acţionînd cu 2—3 maşini-unelte simultan. Cu funcţii multiple, el poate înlocui nu numai munca sudorului, ci şi a vopsitorului şi a oamenilor din secţiile în care se utilizează substanţe nocive. În viitor, proiectanţii vor învăţa robotul să „vadă". Pentru aceasta, pe automat se va monta un obiectiv de televiziune sau o instalaţie cu raze laser.

Un robot pentru dirijarea activităţii roboţilor submarini a fost construit de o firmă irlandeză încă din anul 1976. „Omul mecanic subacvatic", ce se deplasează pe fundul apei cu ajutorul a 6 roţi, este dotat cu instrumentele necesare montării, reparării şi supravegherii construcţiilor din exploatările petrolifere submarine. El este manevrat de la un panou de comandă aflat la suprafaţă, iar activitatea sa este supravegheată cu ajutorul unei camere de televiziune. O instalaţie electronică permite operatorului să „perceapă" gradul de solicitare asupra fiecăreia din părţile componente ale robotului.

3.4.3. ROBOTICA ÎN DIVERSE DOMENII

— *Roboţi cu inteligenţă artificială dezvoltată şi cu funcţionalitate multiplă.*

Roboţii din această categorie sînt capabili să manifeste un grupaj de caracteristici ale inteligenţei umane şi să îndeplinească mai multe funcţii pe care în mod normal le îndeplineşte omul. Pentru ilustrare oferim următoarele exemple:

Unul din cei mai perfecţionaţi roboţi din lume a fost construit în cadrul Universităţii Vaseda, din Tokio, în anul 1977. „Vabot-1", cum a fost denumit robotul, este înzestrat cu simţul vederii, auzului, poate vorbi, se deplasează şi execută diferite operaţiuni la comenzi verbale: ridică greutăţi,

stivuieşte lăzi, vopseşte automobile. „Cunoştinţele" robotului sînt depozitate într-un miniordinator, montat în dreptul pieptului. „Vabot-1" îşi serveşte creatorii cu ceai, căutînd cu cele două telecamere, ce-i slujesc drept ochi, ceainicul, apucîndu-l şi turnînd conţinutul în ceaşcă, dansează, se plimbă, răspunde la unele întrebări. Specialiştii din industrie manifestă un deosebit interes faţă de „omul mecanic", apreciind că după unele perfecţionări „Vabot-1" va putea fi utilizat pentru executarea unui şir de operaţiuni în producţie.

Homo-plastiens — aşa au denumit specialiştii japonezi creaţia lor din silicon şi masă plastică ce imită făptura umană. Această păpuşă este superioară unor realizări similare anterioare prin faptul că posedă un sistem circulator propriu, care simulează circuitul sîngelui, bătaia pulsului şi a inimii. Computerul la care este conectată păpuşa din plastic înregistrează şi analizează reacţiile, iar pe un ecran poate fi chiar urmărit efectul unui masaj cardiac. *Homo plastiens* a fost conceput pentru scopuri ştiinţifice şi pedagogice, în special pentru simularea măsurilor de reanimare şi prim ajutor.

Balerina electronica — atît ideea, cît şi construcţia unui asemenea ordinator aparţin cîtorva specialişti de la Universitatea din Pennsylvania (S.U.A.). Tot ei au elaborat şi programul de funcţionare a maşinii, care permite computerului să proiecteze pe un ecran un om executînd diferite figuri de dans, „comandate" de maestrul de balet, pe baza unui cod. „Balerina electronică" are meritul de a executa cu o mare fidelitate, fără să obosească, dansurile programate, ajutîndu-i pe artişti să descompună mişcările şi să le înveţe mai repede. Ea s-a dovedit de un real folos în timpul îndelungatelor şi obositoarelor repetiţii.

După accidentul tehnic survenit (în 1979) la centrala nucleară americană din Three Mile Island (Pennsylvania) şi degajarea unei cantităţi de vapori radioactivi în incinta centralei şi pe o rază destul de mare, muncitorii, tehnicienii şi inginerii au izbutit să repare defecţiunea, angajîndu-se în continuare în acţiunile de eliminare a reziduurilor, operaţiune urgentă, dificilă, nu lipsită de pericole, la care a fost antrenat şi „robotul Herman". Maşina electronică telecomandată, montată pe şenile, se poate deplasa peste tot fără teamă de a fi iradiată, pentru a-şi vîrî braţul lung în colţurile cele mai dificile şi a privi, cu camera sa de televiziune, la ceea ce se întîmplă în preajmă. Rezultatele acestor investigaţii, înregistrate de creierul electronic, ghidează specialiştii în munca lor.

Cercetătorii bulgari lucrează în prezent la proiectarea unor roboți din a treia generație pentru care este specific faptul că sînt înzestrați și cu elemente de inteligență artificială. Robotul bulgar va avea două perechi de manipulatoare și va dispune de „organe de simț", cu ajutorul cărora va putea executa comenzile date de om într-un limbaj special de orientare. Prototipul va fi realizat pînă la sfîrșitul anului 1982 și va fi testat în industria constructoare de mașini.

În R. P. Chineză a fost realizată o mînă mecanică dotată cu un „simț" tactil atît de fin încît îi permite să detecteze obiecte de dimensiunea unui fir de păr uman. Această adevărată bijuterie mecanică a fost pusă la punct în cadrul Colegiului industrial din Shanghai; ea poate tria obiecte minuscule și constituie un progres important pe calea construirii de roboți „inteligenți".

— *Roboți în agricultură*

Un tractor fără tractorist înaintează pe arătură, lăsînd în urma sa șiruri rectilinii de brazde răsturnate. Mașina — creație a specialiștilor sovietici — este dirijată de un operator de la un pupitru de comandă instalat într-un camion. Acest tractor funcționa (în 1980), după metoda inducției: în pămînt, la o anumită adîncime și la distanțe de maximum 20 m, sînt trase cabluri care retransmit programul recepționat de la panoul de comandă de către instalația electronică a tractorului. Pe viitor, autorii tractorului-robot își propun să creeze un sistem de comandă fără cablu și să încredințeze unui singur om dirijarea mai multor mașini, care vor lucra în regim automat.

În Japonia există mai multe varietăți de castraveți, unele comestibile, altele sînt consumate doar de animale, ca nutreț. Întrucît este destul de dificil să se distingă o varietate de alta, a fost realizat un robot specializat în trierea acestor legume. Robotul este prevăzut cu un ochi electronic și cu o memorie în care sînt înscrise particularitățile tuturor varietăților de castraveți. Legumele „defilează" pe o bandă transportoare prin fața ochiului electronic, care operează o selecție perfectă, excluzînd orice posibilitate de greșeală. Există, de asemenea, roboți programați pentru trierea altor soiuri de legume, precum și a fructelor — după diferite sorturi și calități.

— *Roboți zburători*

În anul 1979 s-a anunțat că un grup de ingineri britanici a pus la punct un fel de elicopter automat care poate fi programat să zboare la înălțimea și pe distanța dorită, urmînd un

anumit traseu. Acest robot zburător cu fuselajul de 60 cm şi diametrul de 1,5 m a fost experimentat cu succes de meteorologi în urmărirea mişcării maselor de aer. El poate fi folosit şi de ecologi, pentru controlarea poluării atmosferice, de silvicultori, în localizarea unor focare de incendii în păduri, de poliţia rutieră, pentru controlul respectării vitezei automobilelor pe autostrăzi. Robotul poate fi dotat cu aparate de fotografiat şi camere de televiziune.

— *Roboţi care „văd"*

O firmă engleză a introdus în fabricaţie roboţi industriali capabili să „vadă" piesele pe care le manevrează, să le compare cu programul de lucru stabilit şi, în cazul în care ele corespund acestui program, să le monteze. Asemenea roboţi, care sînt dirijaţi de un microprocesor cuplat la o cameră de televiziune, pot deosebi 20 de piese, avînd nevoie, pentru identificarea lor, de numai a 15-a parte dintr-o secundă. Roboţii „văzători" sînt deosebit de utili în acele puncte de lucru unde munca omului este îngreunată din cauza zgomotului, a gazelor sau a radiaţiilor.

Studentul canadian Hans Moravek a construit (pînă în 1980) un fel de vehicul-robot pe un postament rulant, care se poate deplasa ocolind piedicile din cale graţie unui dispozitiv special. Vehicul-robot este dirijat de un computer care înregistrează şi evaluează imaginile transmise de o cameră de luat vederi, aflată la bord. Aparatul se mişcă deocamdată în ritm de melc, 1 m în zece min., dar inventatorul speră să-i sporească curînd viteza, folosind microcomputere care să prelucreze mai rapid materialul vizual. Altă realizare a cercetătorilor de la Laboratorul pentru inteligenţă artificială al Universităţii Stanford din California urmează să servească în cadrul experimentelor ce se fac pentru construirea unui autovehicul care să fie pus în circulaţie pe suprafaţa planetei Marte.

Oricît de perfecţionat şi inimitabil ar fi ochiul omului, el are însă şi limite, inclusiv faptul de a nu putea distinge obiectele în întuneric. O firmă britanică a reuşit ceea ce pînă nu de mult părea de domeniul literaturii ştiinţifico-fantastice: „ochii" electronici produşi de această firmă pot vedea şi noaptea, ba mai mult, chiar şi prin podeaua de metal a unui elicopter. Pentru a putea detecta diferite obiecte, pilotul elicopterului îşi pune pe cap o cască specială care, cu ajutorul a două beculeţe minuscule, semnalează unui computer direcţia în care priveşte pilotul. Semnalele date de computer sînt transmise instantaneu unei camere de televiziune — montată sub

elicopter — care se poate roti cu 100°/sec. Imaginea este retransmisă pilotului, aceasta realizîndu-se cu ajutorul unui minuscul aparat TV și a unui sistem optic atașate la casca pilotului, în fața ochiului său drept. Ochiul electronic poate descoperi, noaptea, pe mare, o epavă pe care mai există supraviețuitori, poate detecta căldura corpurilor, ghidîndu-l pe pilot direct spre obiectiv.

Numărul roboților înzestrați cu „capacitate vizuală" — datorită unor camere de televiziune — este foarte redus; în plus, ei nu pot distinge decît culorile alb și negru. Scopul acestor roboți „văzători" este de a recunoaște forma obiectelor și a le manipula. Ce se întîmplă însă cînd cele două obiecte au aceeași formă, dar se diferențiază prin culoarea lor? Pentru ca roboții să facă față acestei situații, o echipă de cercetători britanici (1981) au pus la punct un sistem care le permite să distingă cel puțin trei culori: trei camere video filmează fiecare în parte obiectele înconjurătoare într-o anumită culoare și retransmit unui computer un număr codificat care corespunde unei anumite culori. Robotul, care este racordat computerului, acționează în funcție de impulsurile pe care le primește prin intermediul codurilor respective.

— *Roboți care vorbesc*

În lume se folosesc acum calculatoarele de buzunar care servesc drept dicționar, putînd „rosti" într-o limbă străină un cuvînt format cu ajutorul claviaturii în limba celui care folosește calculatorul. O firmă vest-germană a realizat primul tablou de bord vorbitor, prevăzut cu un calculator care anunță, cu voce tare, ce cantitate de benzină se află în rezervor, gradul de uzură a pneurilor etc. La rîndul ei, firma japoneză „Sharp" a pus la punct un calculator de birou care, pentru evitarea oricăror greșeli, anunță, cu voce tare, cifrele, pe măsură ce operatorul atinge clapele respective. Aceeași firmă a realizat primul ceas vorbitor, precum și primul cuptor care anunță gospodina: „încă 10 min. și mîncarea este gata...".

Firma japoneză „Matusushita Reiki" a fabricat și pus în uz (1980) un automat vorbitor care salută clienții. Mai mult, cu o voce plăcută de femeie, mașina comunică denumirea și prețul obiectelor, recomandă clienților să plătească suma exactă, să nu-și uite restul primit și chiar le mulțumește pentru cumpărături.

Tot în Japonia (1980), în momentul cînd clienții intră în unele magazine și se apropie de obiectul dorit, căldura pe

care o degajă corpul lor este interceptată de un captator cu raze infraroşii, care pune în funcţiune un dispozitiv electronic special. Cu o voce plăcută, acesta anunţă preţul obiectului, termenul în care el poate fi livrat, cantitatea de mărfuri pentru sortimentul respectiv de care dispune magazinul etc. Sistemul funcţionează deocamdată, numai pentru vînzarea de maşini de spălat, ceasuri şi automobile. Se intenţionează extinderea sa şi pentru desfacerea altor categorii de mărfuri.

Specialiştii americani au realizat primul ascensor vorbitor. El este prevăzut cu un sintetizator vocal care-i permite să pronunţe peste o sută de cuvinte. Cu ajutorul acestui vocabular, ascensorul, pe lîngă faptul că anunţă pasagerilor cu voce tare etajul respectiv, furnizează, de asemenea, informaţii rutiere, ştiri asupra stării vremii etc. Scurta călătorie cu ascensorul capătă astfel şi un pronunţat caracter utilitar.

„Vocoder" este un nou tip de sintetizator electronic de sunete, al cărui rol este să sintetizeze vocea umană în studiourile de televiziune dintr-un şir de ţări occidentale. Sinteza nu este totală întrucît pentru ca aparatul să funcţioneze, la intrarea sa în activitate este necesară o voce umană „naturală". Sistemul electronic „codifică" această voce, o ia ca „eşantion" şi cu ajutorul fonogeneratorilor săi reproduce o suită de sunete inteligibile, care au aceeaşi bază, dar ale căror caracteristici şi timbru sînt schimbate. „Vocoder" este folosit pentru efectuarea de trucaje sonore, pentru crearea de sunete speciale, pentru a face să „vorbească" instrumentele muzicale ş.a.

În Uniunea Sovietică a început (1981) producţia de sintetizatori de vorbire. „Maşinile vorbitoare" pot răspunde la telefon la numeroase întrebări, să spună poveşti sau chiar să cînte. Cuplate, două sintetizatoare pot cînta în unison sau la două voci un cîntec popular. Aparatul este însă destinat instalaţiilor electronice de calcul pentru transmiterea verbală a rezultatelor diferitelor calcule. Sintetizatorul „Fonemofon — III" poate răspunde în limbile rusă, engleză, franceză şi în alte limbi.

Inventatori niponi au realizat şi oferit (1981) un echipament-robot ce se instalează la bordul oricărui automobil şi care prin intermediul unui sintetizator vocal anunţă orice anomalie ce survine la motor. Scăderea presiunii lichidului de frînă, supraîncălzirea motorului sau arderea unei lămpi, de exemplu, sînt anunţate de o voce sonoră şi inteligibilă. Dacă radioul sau casetofonul funcţionează, sintetizatorul le decuplează pentru a-şi face auzită vocea sa.

Pentru viitorul imediat se întrezăreşte perspectiva creării de noi dispozitive electronice „vorbitoare", ca urmare a unei importante realizări obţinute de specialiştii americani. Pînă în anul 1980 vorbirea artificială era realizată prin „mimarea", adică reconstituirea frecvenţelor sonore produse de sistemul vocal al omului, ceea ce limita în mod strict vocabularul cuvintelor „electronice". Noua metodă, „Votrax", în loc de a „reconstitui" sunetele, îşi propune pe baza unei tehnici digitale, similare celei folosite la computere, să codifice fenomenele (cea mai mică unitate fonică), prin a căror combinare se poate reproduce, în urma unei programări prealabile, orice cuvînt. Piesa cheie o constituie un microprocesor extrem de ieftin (doar cîţiva dolari). În felul acesta, un mare număr de obiecte — de la jucării pentru copii pînă la maşini de birou — pot fi făcute să vorbească, dispunînd de un vocabular practic nelimitat.

— *Roboţi care răspund la comenzi orale („aud")*

Serviciile poştale nipone dispun de un ordinator cu ajutorul căruia se poate realiza pe cale vocală trierea efectelor poştale (scrisori, colete etc.). Este suficient ca funcţionarul respectiv să citească, cu voce tare, adresa de pe plicuri, colete etc. pentru ca ordinatorul să dirijeze automat efectele poştale spre compartimentul respectiv. Un singur inconvenient: în timpul orelor de muncă, funcţionarii de la poştă nu vor mai putea discuta între ei, de pildă asupra ultimei emisiuni de televiziune sau rezultatelor unei întreceri sportive, întrucît aceste discuţii sînt de natură să... deruteze computerul.

VOCEA LA CONTROL! Colaboratorii firmei de calculatoare „Texas Instruments" trebuie să se supună, zilnic, la intrarea în întreprindere, unui control individual computerizat. În momentul păşirii în cabina de control, ei sînt salutaţi de o voce feminină, declanşată de computer, căreia trebuie să-i răspundă prin pronunţarea a patru cuvinte înmagazinate în prealabil pe o listă a calculatorului de verificare. Aceste cuvinte sînt comparate de computer cu pronunţarea lor originală, identificîndu-se pe loc dacă persoana respectivă este cu adevărat autorizată să pătrundă în clădirile firmei, spre a se asigura astfel păstrarea secretelor de fabricaţie în laboratoarele întreprinderii.

De circa 15 ani, cercetătorii americani şi japonezi se străduiesc să realizeze maşini capabile să recunoască cuvinte rostite de om. De exemplu astfel de aparate îşi găsesc aplicaţii

în selectarea și transportarea bagajelor, adică în servicii în care se folosesc cuvinte puține.

O a doua etapă a cercetărilor de acest fel privește posibilitățile de înțelegere de către mașină a vorbirii continue. În

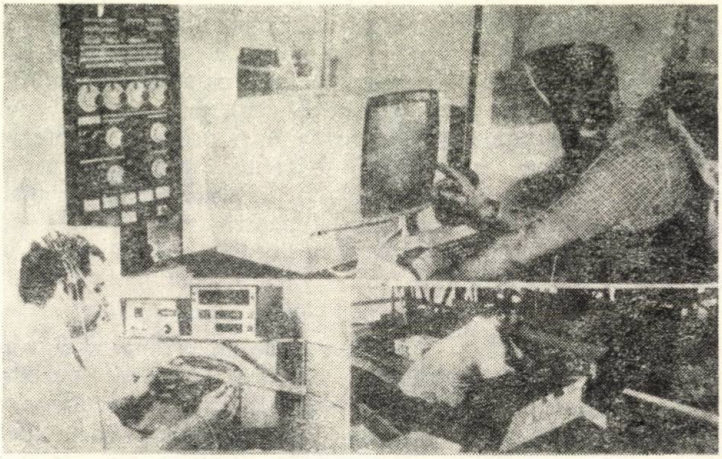


Fig. 47. — Roboții care „aud"
sus: Un pilot comunică verbal cu aparatele de comandă ale avionului în zbor
jos: Două mașini roboți utilizate la recunoașterea bagajelor, la comandă prin voce

Franța se află în curs de desfășurare o experiență interesantă. Este vorba despre recunoașterea unor faze folosite în navigația aeriană. Un pilot va putea comunica oral cu organele de comandă ale aparatului.

Primul robot distribuitor al corespondenței a fost realizat și pus în funcțiune (1981) în S.U.A. El se deplasează singur din birou în birou pentru a lăsa corespondența respectivă și a lua dosare, diferite hîrtii, plicuri etc. Este suficient să i se dea comanda vocală: „Du-te în biroul x pentru a distribui această scrisoare" și el execută imediat sarcina încredințată.

În Franța a fost realizat un computer proiectant care răspunde la comenzile vocale. El are posibilitatea de a „înțelege" 200 de fraze, care îi indică ceea ce trebuie să facă: să

traseze o curbă, o linie dreaptă sau un cerc, să stocheze un desen sau altul în memoria sa, să-l reproiecteze pe ecran etc. Testele au arătat că în felul acesta se realizează o economie de timp de peste 25%, față de metodele clasice de proiectare.

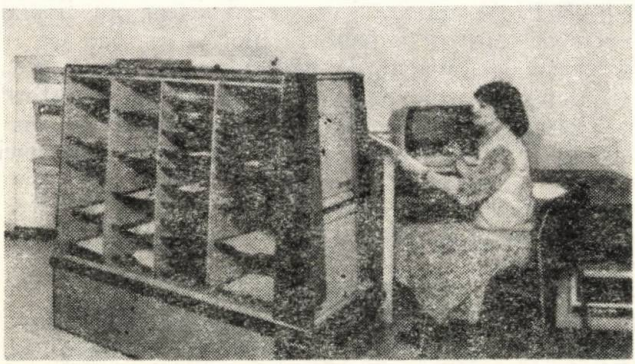


Fig. 48. — Robot de birou care execută însărcinări ce i se transmit verbal

— *Roboți desenatori*

În cursul anului 1977, în Japonia a fost prezentat un mic robot capabil să efectueze o gamă largă de operații de desen tehnic, teleghidate printr-un minicalculator înzestrat cu programe de lucru foarte variate, robotul, la lucru, simulînd perfect gesturile omului care desenează.

În București, la Centrul de calcul al industriei chimice există un sistem complex de desen automat robotizat-computerizat. Sistemul este format dintr-un microcalculator și robotul ce execută desenele. Sistemul execută calcule și pe baza acestor desene tehnice cu grade înalte de complexitate, grafice, scheme complexe, hărți, desene izometrice, curbe izonoxe etc. Prin capacitatea sa de a calcula, de a „înțelege" instrucțiunile din program de a „citi" și „interpreta" datele ce i se oferă pe banda magnetică, de a „simula", în funcție de datele ce i se oferă, realitatea și de a „desena" fidel și cu precizie tehnică ireproșabilă această realitate (viitoare sau prezentă), sistemul respectiv se apropie foarte mult, din punct de vedere funcțional de caracteristicile inteligenței naturale și de aceea el poate fi considerat ca un exemplu de „inteligență artificială". Sistemul poate fi asemuit omului, microcalculatorul reprezentînd sistemul cerebral și nervos, iar ro-

botul propriu-zis sistemul muscular al indivizilor umani. Sisteme similare funcționează și în alte institute specializate din țara noastră.

Un sistem nou de organizare a datelor care permite proiectarea unei piese cu ajutorul calculatorului a fost pus la punct în R. F. Germania. Prin același sistem pot fi realizate și proiecte de construcții (edificii, blocuri de locuințe etc.) și pot fi vizualizate structurile moleculare ale unor compuși chimici. Datele înmagazinate sînt prelucrate și „transformate" în proiectele sau desenele respective, fie cu ajutorul unui aparat obișnuit de vizualizare a datelor, fie cu ajutorul unei imprimante sau al unei instalații de realizare de microfilme. Se pot elabora și programe care să servească la exploatarea modelului matematic tridimensional al unei piese sau al unui subansamblu.

— *Roboți în telecomunicații și transporturi*

În Franța a fost realizată și omologată (1971) o instalație robot care transmite, prin rețeaua telefonică publică, semnale de alarmă, în vederea unor intervenții prompte ale organelor în drept. Instalația se compune din aparate individuale și dintr-o stație centrală de colectare a informațiilor. Robotul este destinat înregistrării și prelucrării rapide a semnalelor de alarmare în caz de furt, incendiu, inundații, depășiri de praguri critice (temperaturi, presiuni etc.).

Prima linie de metrou în întregime automatizată va funcționa la Londra începînd din anul 1990. Testările efectuate în cursul anului 1981 s-au dovedit satisfăcătoare. Conducătorul-robot de la o stație centrală de comandă a apăsat pe buton pentru ca întreaga garnitură să pornească spre stația următoare. Au rămas de rezolvat cîteva probleme de întreținere: cum să se facă programarea remedierii unor incidente, defecțiuni de frînă, uși ce se închid în contratimp ș.a.

Tehnicienii sovietici au conceput și alte mașini care se deplasează fără conducători auto. Printre acestea amintim mașinile dirijate prin radio, care își croiesc drum spre exploatările petroliere din Siberia de vest sau care împrăștie zgura fierbinte la marele combinat metalurgic Magnitogorsk altele.

— *Robotica în serviciul casnic*

În continuare vom oferi cîteva exemple de roboți utilizați în scopuri casnice, care vor demonstra că roboții respectivi au o serie de calități proprii organismului uman și că în unele privințe îl și pot înlocui cu succes.

În S.U.A., statul Illinois, a fost construit un robot, Arok, care are înfățișarea unui cosmonaut și care: deschide ușa la apelul soneriei, servește la masă, ridică corespondența de la cutie, strînge și transportă resturile menajere, fiind capabil să „întrețină" mici conversații cu factorul poștal și angajații salubrității și ai companiilor de electricitate, gaze etc. Robotul are înălțimea de 1,93 m și o greutate de 125 kg, este alimentat de baterii electrice și se deplasează pe rulmenți [16].

Un cercetător britanic propunea o „doică electronică" pentru supravegherea nou-născuților care plîng noaptea. El a construit un robot care, la scîncetul copilului, începe să-l legene, imitînd vocea mamei sau a tatălui. Specialistul britanic declară că este foarte mulțumit de serviciile prestate de noua „doică", fiica sa în vîrstă de cîteva săptămîni încetînd să mai tulbure liniștea nocturnă a familiei. Stimulat de acest rezultat și gîndind, firește, în perspectivă, tatăl construiește în prezent un alt ordinator care să spună povești de adormit copii.

Fig. 49. — Robot care îndeplinește funcția de doică

Pentru a veni în sprijinul părinților, o firmă niponă a realizat (1978) un robot care poate suplini cu succes o dădacă pentru plimbări cu copiii pe străzi sau în parcuri. Cre-

ierul electronic cu care este dotat îi permite robotului să execute cu precizie ordinele primite. El conduce căruciorul pe alei şi chiar traversează strada după ce, bineînţeles, a luat toate măsurile de prevedere.

Ultima noutate (1980) în materie de „inteligenţă artificială" sau „mecanică inteligentă", cum i se mai spune: jaluzelele care coboară singure cînd soarele bate în geam. În acest scop, pe faţada imobilului este plasat un captator solar, care înregistrează şi transmite unui minicomputer datele privind intensitatea razelor solare. Computerul, ca un adevărat sistem cerebral uman interpretează aceste date şi, în funcţie de ele, comandă manevrele necesare. Un simplu nor trecător care acoperă doar pentru cîteva clipe soarele nu este suficient pentru a-l „înşela", şi doar înnorarea mai îndelungată poate declanşa „decizia" de ridicare a jaluzelelor.

În prima jumătate a anului 1980, în occident, în cadrul unei expoziţii de obiecte şi aparatură împotriva infractorilor, a reţinut atenţia „maşina de urlete", capabilă să trezească locatarii mai multor imobile la forţarea unei uşi, pentru perioada concediilor, „simulatorul de prezenţă": un robot care aprinde şi stinge luminile la anumite intervale, deschide şi închide radioul şi televizorul, imită zgomote de paşi, transmite voci, derutîndu-i pe spărgători.

Robotul paznic de noapte, realizat recent în S.U.A. se numeşte „Century 1", cîntăreşte 300 kg şi este primul robot paznic de noapte. În pofida gabaritului său considerabil robotul poate alerga (pe rotile) după răufăcători cu o viteză de peste 30 km pe oră, îi poate imobiliza cu ajutorul unor descărcări electrice, prin difuzarea de gaze ilariante sau paralizante sau prin emiterea unor sunete de înaltă frecvenţă. Robotul detectează pe intruşi, inclusiv în timpul nopţii, graţie unui captator cu raze infraroşii. Gloanţele de revolver nu-l pot deteriora.

IV. BIOINGINERIA, CIBERNETICA ŞI INFORMATICA

4.1. BIOINGINERIA ŞI CIBERNETICA

Legătura strînsă dintre cibernetică şi biologie sau dintre ea şi bioinginerie porneşte din însăşi geneza ciberneticii. Cibernetica, ca teorie a sistemelor cu autoreglare, a apărut tocmai la graniţa dintre ştiinţele medico-biologice, matematice şi inginereşti, ca o consecinţă a cuceririlor fiecăreia dintre acestea şi, în acelaşi timp, pentru a le sluji, mai ales metodologic, dezvoltarea.

Vorbind despre geneza ciberneticii, creatorul ei arăta că noua ştiinţă s-a născut tocmai din schimbul de păreri dintre fiziologi, automatişti şi matematicieni [21].

Arătînd că dezvoltarea ciberneticii s-a desfăşurat pe cîteva fronturi ştiinţifice, Wiener subliniază, legat de aceasta, că primele studii ale sale şi ale colaboratorilor săi au fost consacrate problemelor inhibiţiei centrale în sistemul nervos, precum şi celor ale organizării scoarţei cerebrale. După cum se observă, la elaborarea noii ştiinţe a contribuit în primul rînd medicina şi biologia. Odată descoperită însă, cibernetica va contribui la rîndul ei la dezvoltarea şi perfecţionarea medicinei şi biologiei, precum şi la asigurarea unor procedee şi mijloace tehnice deosebit de avansate, a căror folosire conduce la această perfecţionare.

Cibernetica are un caracter multidisciplinar; ea utilizează larg, integrîndu-şi o serie de metode, teorii, reguli, aparţinînd unor alte ştiinţe, ca: matematica, fizica (cu discipline ca automatica şi electronica), chimia şi astronomia (în special partea privind „teoria modelării"), medicina şi biologia, sociologia, filosofia, economia, viitorologia şi altele.

Dar această conexiune are şi un feedback. Astfel, astăzi este uşor de constatat că cibernetica a început să contribuie — şi lasă să se întrevadă posibilităţi largi în această direcţie şi pentru perspectivă — la îmbogăţirea unor ştiinţe ca filosofia, biologia, medicina, pedagogia, precum şi la dezvoltarea altora ca matematica, automatica şi electronica, astronomia şi astronautica, fizica, chimia etc. [19].

Poate cel mai important pas în cunoaştere făcut de cibernetică este acela care a descoperit şi demonstrat existenţa analogiei mecanismelor de funcţionare în sisteme diferite: tehnice, biologice, sociale etc., precum şi faptul că făcînd abstracţie de esenţa unui sistem, de caracterul lui concret — maşină, organism viu, colectivitate socială, organizaţie economică — toate pot fi considerate ca fiind formate din subsisteme care se află în relaţii de interdependenţă şi interacţiune, determinate prin intrări şi ieşiri, circulaţii de fluxuri de informaţii care la rîndul lor declanşează o reţea intimă şi complexă de conexiuni şi conexiuni inverse care provoacă procesele de autoreglare, respectiv homeostazie, prin care se asigură fiabilitatea, conservarea oricărui sistem dinamic.

Exact aceleaşi concepte postulează şi biologia pentru sistemele pe care le cercetează. De altfel, pentru toate genurile de sisteme cu autoreglare, cibernetica a identificat principiile şi mecanismele lor de funcţionare, studiind prioritar şi profund sistemele vii şi constatînd mai apoi că, prin similitudine, aceste principii şi mecanisme de funcţionare sînt valabile pentru orice sistem cibernetic, indiferent de natura, de esenţa lui. Este suficient să subliniem că dezvăluirea legităţii cibernetice a conexiunii şi conexiunii inverse (reacţiei inverse)*, specifice sistemelor dinamice complexe, a permis o explicaţie, aprofundată ştiinţific, a proceselor de homeostazie şi a proceselor patologice în sisteme vii, a proceselor şi fenomenelor, inclusiv a proceselor de reacţie, în sisteme sociale şi economice, a proceselor de reacţie fizică şi chimică în sisteme tehnologice, a celor de reglare şi autoreglare în sisteme tehnice, precum şi o dezvoltare, „o orientare" a acestor procese de reacţie în spre „conservarea dinamică", spre creşterea fiabilităţii sistemelor biologico-umane, sociale, economice, tehnice, tehnologice etc., sporind considerabil eficienţa funcţionării lor. Şi pe seama unor asemenea cauze se pun o serie

* traducere din lb. engleză a expresiei de „feedback".

dintre recentele descoperiri în domeniul celulelor, geneticii, precum și o serie de realizări cu specific bionic [22].

Toate acestea reliefează și importanța cibernetícii, a teoriei sistemelor cu autoreglare în nașterea și progresul unei noi discipline complexe tehnico-științifice, cum este bioingineria, și pentru a proba esența acestui fapt aducem mărturie un amănunt. În anul 1962, Academia Franceză de Științe, definind cibernetica, preciza că „ea este foarte adesea utilizată pentru lămuriri în științele biologice sau sociologice, plecînd de la analiza mediilor neînsuflețite, ceea ce nu exclude parcurgerea unui drum invers, în care ființele vii sînt sursă de observație și inspirație pentru construcția noilor mașini".*

Cibernetícianul W. R. Ashby arăta, în 1958, că „principalul obiect al acestei științe este domeniul tuturor mașinilor posibile, create de natură sau fabricate de mîna omului".**

Un om de știință cu preocupări în domeniul cibernetícii, E. Kolman, referindu-se la obiectul acesteia, spunea (în 1963) că are trei funcții principale:

— în primul rînd constituie baza teoretică a unei automatizări maximale;

— în al doilea rînd, furnizează biologiei și medicinei noi metode;

— în al treilea rînd, ea contribuie la progresul rapid al cunoștințelor în domeniul psihologiei, transformînd toate științele care o privesc: psihologia, psihiatria, pedagogia și teoria cunoașterii în științele exacte.**

Apare astfel și mai evidentă influența pozitivă a cibernetícii în progresul biologiei și medicinei, din care de fapt își și trage izvoarele, precum și influența ei — prin funcția reliefată — aceea de bază teoretică a unei automatizări maximale — asupra progresului tehnologiei biomedicale și prin faptul că „furnizează biologiei și medicinei noi metode".

Toate aceste teoretizări metodologice despre care am vorbit au permis, dealtfel numai ele, proiectarea și realizarea

* Enquête de la Société Française de Cybernétique, 1964, Thème *Objet de la Cybernétique,* în *Tables rondes sur la formalisation de la Cybernétique,* editat de „Association Internationale de Cybernétique, Namur, 1971.

** Tables rondes sur la formalisation de la Cybernétique, editat de „Association Internationale de la Cybernétique, Namur, 1971.

sistemelor electronice de calcul după modelul memoriei umane, al creierului, al sistemului nervos. Calculatorul împrumută prin analogie și utilizează deci, constructiv și funcțional, principii valabile în organisme vii, urmînd ca el și cealaltă aparatură să slujească eficient explorării organismului viu, a ființei umane, descifrării tainelor vieții în scopul servirii omului și a sănătății, a prelungirii vieții lui [22].

Dealtfel din simbioza dintre biologie și cibernetică sau dintre cibernetică și științele medicale s-au născut discipline științifice ca biocibernetica care se ocupă de cibernetica sistemelor vii, neurocibernetica care se ocupă de cibernetica sistemului nervos etc.

Acad. Ștefan Milcu arăta că sistemul endocrin (ca și celelalte sisteme componente ale organismului uman) are propriul său subsistem de reglare, cînd subsistemul respectiv se deteriorează atunci se îmbolnăvește întregul sistem pe care-l conduce (reglează).

Iată, deci, că teoria cibernetică favorizează o revoluționare a gîndirii în științele medicale, furnizează acestora un sistem metodologic nou, care stimulează cercetarea științifică medicală, determinînd descoperiri și constatări interesante privind mecanismele de funcționare ale sistemelor vii și subsistemelor componente, noi constatări privind fiziologia organismului uman, stările patologice și cauzele lor și, în consecință, deschide perspective largi în diagnostică și în terapeutică. În această ordine de idei putem furniza și un alt exemplu.

În capitolul 3.3.3. am arătat că realizările prof. George Emil Palade, pentru care el a obținut premiul Nobel, se datoresc în primul rînd microscopului electronic. Realizarea acestui aparat, condiționată la rîndul ei de dezvoltarea electronicii, a permis să se vadă clar componentele cunoscute ale celulei care au fost izolate și analizate biochimic, determinîndu-li-se funcțiile și, în același timp, să se descopere noi elemente ale ei.

Înțelegem astfel mai ușor ce minunată realizare datorează biologia unei alte minunate realizări inginerești — condiționată de progresul electronicii, stimulată la rîndul ei de fundamentarea și apariția științei cibernetice: unind tehnica de laborator numită „fracționarea celulei" și tehnica utilizării microscopului electronic, obținem o unică mare realizare, un pas înainte în cunoaștere, de fapt, în final, un nou

sistem cibernetic bioinginerești. În sistemul acesta bioinginerești format din conexiunea:
microscop electronic→fracționare celulară→analiză biochimică,
s-a putut obține, pe linia de conexiune inversă, o reacție caracterizată de un corp masiv de informații, care relevă un fapt științific de importanță fundamentală, legat de înțelegerea rolului structurilor subcelulare în economia generală a celulei.

Pornind deci de la teoria cibernetică a sistemelor cu autoreglare, aceasta ne ajută să creăm un sistem de tehnici științifice ca cele descrise și să ajungem, în final, tot la descoperirea unui sistem cibernetic cu autoreglare. Astfel explicarea celulei apare nu ca un element simplu, indivizibil, primar, ci ca un sistem extrem de complicat, caracterizat de o organizare foarte complexă, bazată pe relații conexionale, în care fiecare organism este o minusculă mașină cu rol funcțional determinat. Aceasta a creat premiza care permite omului să-și cunoască și să-și regleze mai bine, prin autointervenție, propriul său sistem cibernetic.

În privința progresului biologiei, stimulat de aplicațiile cibernetice, ne vom opri asupra unor sublinieri concludente.

După apariția ciberneticii ca știință (1948), o serie de savanți aparținînd altor domenii s-au apropiat de ea și, utilizîndu-i preceptele metodologice, au reușit să obțină o serie de rezultate și descoperiri noi care au accelerat progresul în domeniul lor de știință.

Astfel, în legătură cu forma de existență a materiei în stare vie, acad. E. Macovschi a orientat, de mai mult timp, cercetările sale biologice într-o direcție novatoare. În studiul intitulat *Unele aspecte cibernetice în problema structurii materiei vii* [23], se arată că după concepția curentă, protoplasma (conținutul viu al celulei) — considerată în totalitatea ei ca materie vie — este alcătuită dintr-o mulțime de componente bine definite din punct de vedere chimic. Cum însă nici una dintre componentele chimice ale protoplasmei nu manifestă fenomenele vieții, deosebirea dintre viu și neviu se caută la nivelul reacțiilor dintre componentele amintite, adică la nivelul transformărilor chimice care se produc în ființele vii. Se consideră că viața este condiționată de reacțiile chimice care se săvîrșesc în protoplasmă și al căror ansamblu constituie metabolismul, că diferitele ființe vii se deosebesc între ele prin particularitățile metabolismului lor și că transfor-

marea unei ființe cu anumite însușiri într-o altă ființă cu alte însușiri implică modificarea metabolismului ei.

Spre deosebire de concepția menționată, conform ipotezei acad. E. Macovschi, protoplasma este alcătuită din două feluri distincte de materii, formate din aceleași particule materiale: materia vie și materia nevie, care se întrepătrund și se află în relații de coexistență funcțională. Materia vie există numai în protoplasma vie, se formează prin asimilația diferitelor substanțe nevii, are a structură cu totul specială, aflată pe o treaptă superioară de organizare și imprimă protoplasmei acele însușiri și stări specifice, ale căror manifestări urmează legi biologice cu conținut propriu. Materia nevie din protoplasmă este alcătuită din diferiți compuși chimici organici și anorganici obișnuiți, care împreună cu materia vie condiționează viața protoplasmei. Procesele chimice care se produc la nivelul materiei nevii din protoplasmă reprezintă biochimismul acesteia, iar asimilația, dezasimilația și toate transformările de ordin chimic care se produc în materia vie a protoplasmei reprezintă metabolismul ei. Diferitele ființe se deosebesc prin particularitățile structurii materiei lor vii, iar transformarea unei ființe în alta, cu alte însușiri, implică modificarea structurii materiei vii cuprinse în ființa respectivă.

Admițînd că structura condiționează însușirile materiei vii, iar acestea, la rîndul lor, manifestarea fenomenelor vieții, s-a dedus că prin cercetarea fenomenelor vieții se poate ajunge la cunoașterea însușirilor materiei vii, iar de aici la caracterizarea structurii acestei materii. Așa de exemplu, fenomenul însuși al vieții, conservatismul ereditar și variabilitatea organismelor oglindesc reactivitatea permanentă, stabilitatea relativă și plasticitatea reversibilă a materiei vii, însușiri care la rîndul lor reflectă dinamismul permanent, echilibrul relativ și deformabilitatea reversibilă a structurii acestei materii.

Legat de caracteristicile cibernetice ale materiei vii se arată că: dacă structura materiei vii se caracterizează printr-un anumit dinamism permanent, un anumit echilibru relativ și o anumită deformabilitate reversibilă, înseamnă că structura materiei vii include, ca părți integrante, anumite configurații structurale capabile să asigure desfășurarea permanentă și automată a proceselor de autoreglare, condiționate de fenomenele de comandă și control, procese fără de care echilibrul relativ și deformabilitatea reversibilă ale unei structuri dinamice sînt de neconceput. Or, cu procesele de comandă și control la mașini și organisme, cu sistemele de re-

glaj automat şi cu proprietăţile generale ale acestor sisteme se ocupă cibernetica. Această ştiinţă arată că desfăşurarea permanentă şi automată a oricărui proces de autoreglare se realizează prin existenţa şi participarea succesivă la el a anumitor elemente constitutive, caracteristice, ca: prezenţa şi folosirea unei „informaţii" adecvate; existenţa unor „factori operatori" capabili să prelucreze informaţia şi a unor „condiţii logice" capabile să determine acea succesiune a fenomenelor parţiale, care asigură procesul autoreglării; coexistenţa „sistemelor de reglare" şi „contrareglare"; prezenţa unor „canale" de transmitere a mesajelor purtătoare de comenzi etc. Dată fiind universalitatea principiilor ciberneticii, nu rămîne decît să admitem că elementele menţionate constitutive ale proceselor de autoreglare sînt cuprinse în structura dinamică a materii vii, ceea ce face ca cel puţin din acest punct de vedere, structura materiei vii să poată fi încadrată în acele sisteme cu activitatea automată care sînt cercetate de cibernetică şi se supun legilor acesteia. De aici concluzia: problema structurii materiei vii include aspecte cibernetice şi prin aceasta se deosebeşte fundamental de problema structurii oricăror compuşi organici sau anorganici cunoscuţi, indiferent de complexitatea structurii chimice a moleculelor lor.

Conturarea diferitelor aspecte cibernetice în problema structurii materiei vii depinde de modul cum se concep atît natura procesului de asimilaţie, cît şi repercusiunile acestui proces asupra structurii chimice a substanţelor asimilate.

În privinţa naturii procesului de asimilaţie, s-a dedus că asimilaţia, adică transformarea substanţelor chimice obişnuite în materie vie, constă în integrarea acestor substanţe într-o structură cu totul specială, aflată pe o treaptă superioară de organizare în comparaţie cu structura şi organizarea materiei nevii. Prin integrarea în această structură specială, substanţele asimilate încetează a mai fi ceea ce au fost şi participă într-un mod nou la manifestarea însuşirilor şi stărilor materiei vii în a cărei structură s-au încadrat. Prin urmare, la alcătuirea materiei vii participă tot compuşi chimici obişnuiţi, care însă sînt astfel asamblaţi în cadrul noii structuri caracteristice, şi cu totul speciale, încît prin această structură devine posibilă manifestarea însuşirilor specifice ale materiei vii.

Rămîne de precizat dacă integrarea diferitelor substanţe chimice obişnuite în structura materiei vii se face cu sau fără modificarea profundă şi ireversibilă a structurii lor chimice proprii.

Unele fapte cunoscute în biochimie şi biologie tind să arate că, în general, cea de-a doua posibilitate pare a fi mai probabilă. Într-adevăr: dacă prin asimilaţie, adică prin încadrare în structura materiei vii, proteinele, acizii nucleici, fosfolipidele şi alte substanţe organice şi-ar pierde sau şi-ar modifica continuu şi reversibil structura lor chimică proprie, nu ar fi posibilă menţinerea îndelungată a calităţii specifice a materiei vii, caracteristică fiecărui fel de organism în parte.

O astfel de concluzie corespunde şi premiselor cibernetici, căci manifestarea fenomenelor parţiale ale proceselor de autoreglare şi succesiunea lor algoritmică în timp implică existenţa unei structuri adecvate, cu anumită repartiţie spaţială reciprocă a acelor elemente constitutive care, alcătuind anumite formaţiuni structurale, asigură mersul proceselor de autoreglare în structura materiei vii.

Pe baza consideraţiilor menţionate, se pot face precizări relativ la unele aspecte cibernetice ale structurii materiei vii, la informaţia cuprinsă în această structură, rolul cibernetic al diferitelor substanţe care prin asimilaţie devin parte integrantă a structurii acestei materii, natura cvadridimensională a structurii materiei vii etc.

În legătură cu informaţia cuprinsă în structura materiei vii, se iau în consideraţie acele deducţii conform cărora moleculele substanţelor organice, integrate prin asimilaţie în structura materiei vii, îşi pot păstra structura lor chimică. Aceasta înseamnă că informaţia codificată cuprinsă în macromoleculele acizilor nucleici ale diferitelor substanţe proteice şi altor compuşi organici, nu numai că nu se pierde în urma asimilării lor, dar capătă noi posibilităţi de manifestare în cadrul structurii dinamice a materiei vii. Mai mult, coexistenţa, în structura acestei materii, a moleculelor substanţelor organice cu informaţie diferită şi posibilitatea apariţiei unei informaţii noi prin însăşi codificarea aranjării spaţiale reciproce a moleculelor substanţele asimilate, fac ca numărul variantelor sub care se poate prezenta structura dinamică a materiei vii să fie practic infinit. Totodată, rezultă că materia vie concentrează în structura sa o cantitate uriaşă de informaţie de calităţi diferite, ceea ce prezintă pentru biologie un interes deosebit.

Rolul cibernetic al diferitelor substanţe, devenite prin asimilaţie parte integrantă a structurii vii, poate fi conturat pe baza principiului corelaţiei dintre structură şi funcţie. Ar

fi greu de presupus că variatele şi multiplele funcţii cibernetice care se realizează în cadrul structurii dinamice a materiei vii ar putea fi asigurate de moleculele asimilate ale uneia şi aceleiaşi substanţe. Este mult mai probabil că asemenea funcţii necesită participarea substanţelor cu structuri chimice diferite şi se realizează în materia vie tocmai datorită naturii diferite a substanţelor din care se formează această materie. Prin urmare, moleculele diferitelor substanţe încadrate, prin asimilaţie, în structura materiei vii, nu numai că încetează de a fi ceea ce au fost şi participă într-un mod nou la manifestarea stărilor şi însuşirilor materiei vii, dar capătă anumite funcţii noi, funcţii cibernetice, pe care nu le-au avut înainte de asimilaţie şi pe care le manifestă numai în structura materiei vii [23].

În ceea ce priveşte structura materiei vii, este de menţionat că aceasta este susceptibil de a fi interpretată ca un sistem cvadridimensional, datorită pe de o parte distribuţiei spaţiale a moleculelor substanţelor organice asimilate, încadrate în ea, iar pe de altă parte dinamismului său specific care include elementul timp, ca sistem de referinţă oglindit în activitatea ritmică a fenomenelor de autoreglare. Or, un astfel de sistem cu organizare cvadridimensională reprezintă o engramă biologică, adică un substrat biologic al memorării celor mai diferite mesaje provenite din mediul extern sau intern, care joacă probabil un anumit rol în desfăşurarea fenomenelor vieţii.

Continuînd cercetările sale bazate pe o analiză critică aprofundată a Teoriei moleculare a materiei vii şi sprijinindu-se pe tezele materialismului dialectic privind natura viului şi pe mai bine de un sfert de veac de cercetări ştiinţifice, acad. E. Macovschi a elaborat o nouă concepţie despre natura viului, pe care a numit-o *TEORIA BIOSTRUCTURALĂ* [24], teorie care depăşeşte teoria moleculară a materiei vii.

În antiteză cu Teoria moleculară a materiei vii, teorie care arată că *materia vie este constituită dintr-o singură formă a materiei şi anume din combinaţii chimice aflate într-o singură stare, în stare moleculară şi că în materia vie se desfăşoară un singur fel de transformări — transformări chimice* —, Teoria biostructurală stabileşte că *materia vie este constituită din două forme ale materiei şi anume din combinaţii chimice aflate într-o stare specifică viului, în stare biostructurală (materia biostructurată) şi din combinaţii chimice aflate*

în stare moleculară obișnuită (materia moleculară coexistentă) și că *în materia vie se produc trei feluri de transformări: biostructurale, metabolice și chimice.*

În timp ce Teoria moleculară susține că *metabolismul constă în coordonarea riguroasă a reacțiilor chimice din organism* și că *asimilația (anabolismul) și dezasimilația (catabolismul) sînt procese chimice obișnuite, iar termenii respectivi (perechile) sînt sinonimi,* Teoria biostructurală stabilește *că metabolismul constă în schimbul de substanțe între materia biostructurată și materia moleculară coexistentă, schimb ce depășește chimismul obișnuit* și că *asimilația depășește anabolismul, termenii respectivi nefiind similari (la fel ca și în cazurile dezasimilație-catabolism).*

Teoria moleculară susține că *fenomenele biologice se reduc la chimismul obișnuit* și că *și viața (forma biologică de mișcare a materiei) se reduce la forma chimică de mișcare,* în timp ce noua teorie, aceea biostructurală, arată că *fenomenele biologice depind de procese ce depășesc chimismul, derivînd din funcțiile exercitate de componentele biostructurii,* iar *viața, forma biologică de mișcare a materiei, depășește forma chimică de mișcare pe care însă o înglobează sub un aspect depășit subordonat.*

În final, în timp ce teoria criticată, cea moleculară, susține că *moartea este consecința încetării metabolismului,* iar *între natura materiei vii și cea a materiei moarte nu este nici o deosebire,* teoria biostructurală arată *că moartea este consecința destrămării materiei biostructurate, cuprinsă în viul* și că *materia vie și materia moartă sînt distincte ca natură a lor.*

Din studierea comparată a tezelor respective se desprinde că elementul de bază care fundamentează Teoria biostructurală este că materia vie (*MV*) constă din materia biostructurată (*MB*) și din materia moleculară (*MM*). Materia biostructurată are proprietăți biologice calitativ superioare proprietăților materiei moleculare, iar materia moleculară cuprinsă în viul (deci coexistentă cu materia biostructurală) (MM_c), are o compoziție chimică specifică viului. Odată cu moartea, materia biostructurată se destramă, încetează să mai existe, și astfel materia vie devine materie nevie (*MN*). Și cum prin destrămare materia biostructurată se transformă în materia moleculară, înseamnă că materia nevie constă numai din ma-

teria moleculară. În conformitate cu acest concept am elaborat ecuația materiei vii pe care o prezentăm în fig. 50.

$$MB + MM_C = MV \vdash\!\!\rightarrow MV - MB = MN \vdash\!\!\rightarrow MN = MM$$

Fig. 50. — Ecuația materiei vii

Examinînd explicitarea elementelor constituitive ale materiei vii și a proceselor ce se petrec în aceasta, în viziunea Teoriei biostructurale, am ajuns la elaborarea unei formalizări cibernetice a acestora pe care am prezentat-o în „Schema cibernetică a materiei vii" [28].

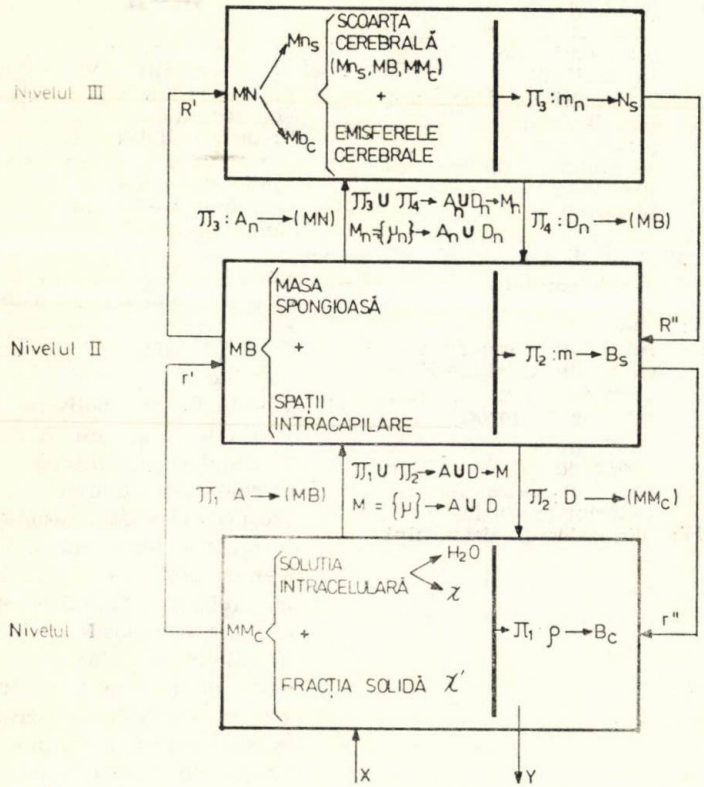


Fig. 51. — Schema cibernetică a materiei vii ca sistem ierarhizat pe trei niveluri

în care:

pentru subsistemul (nivelul) I:

MM_c: materia moleculară coexistentă

π_1: procese locale

χ': combinații chimice hidrosolubile

$\chi =$ {p, e, n, x}
unde:
p : proteine
e : enzime
n : acizi nucleici
x : alte combinații

ρ: reacții, transformări chimice
unde:

$\rho =$ {a, c, y}
în care:
a : reacții de sinteză (anabolism)
c : reacții de degradare (catabolism)
y : alte reacții

χ': combinații chimice nedizolvate

B_c: biochimism

Parametrii generali ai sistemului

MV: materia vie

X: intrări (procese de trecere ale combinațiilor chimice) din mediul exterior *(absorbția)*

Y: ieșiri (procese de trecere ale combinațiilor chimice) către mediul exterior (excreția)

XUY: diabasismul sistemului

pentru subsistemul (nivelul) II:

MB: materia biostructurată

π_2: procese locale

m: modificările la nivelul MB și mișcarea permanentă a componentelor sale

B_s: organizarea materiei biostructurate la diferite momente și fenomenele pe care le determină modificările componentelor sale (biostructismul)

Conexiunile nivelurilor I←→II

II: procese generale

$A = \{a\}$: asimilația (schimbarea permanentă a moleculelor în componente)

$D = \{d\}$: dezasimilația (schimbarea permanentă a componentelor în molecule)

μ: schimbul a←→d în cadrul metabolismului

$\mu = a \cup d$
unde:
a: proces singular de asimilare
d: proces singular de dezasimilare

$M = \{\mu\} \rightarrow A \cup D$: metabolismul ca totalitate de procese de A și D complexe și continue care asigură perpetuarea vieții (desfășurarea M presupune întrepătrunderea spațială a MB cu MM_c — soluția intracelulară, aflîndu-se atît în masa spongioasă cît și în spațiile infracapilare)

r' bucla de reglare 1 (biochimismul din MM_c furnizează energia necesară schimbării moleculelor în componente și a integrității și funcționării MB)

r'' bucla de autoreglare 2 (fenomenele MB contribuie la coordonarea biochimismului și asigurarea compoziției chimice a MM_c)

pentru subsistemul (nivelul) III:

MN: materia noesică

Mn_s: materia noesistructurată

Mb_c: materia biosică coexistentă (după cum MB și MM_c sînt purtătoare de bioplasmă, tot așa Mn_s și Mb_c sînt purtătoare de noesisplasmă)

π_3: procese locale

m_n: modificările la nivelul MN și mișcarea permanentă a componentelor sale, fapt ce condiționează exercitarea funcțiilor mnezice și de gîndire

N_s: noesistructismul (organizarea materiei noesice la diferite momente și fenomenele pe care le determină modificările componentelor sale).

Conexiunile nivelurilor
II←→III

$A_n = \{a_n\}$: asimilația noesică, schimbarea permanentă a componentelor din biostructură în componente în noesistructură (de ex: *fosfolipidele* asimilate din componența materiei biosice în componența biostructurii creierului se transformă în *polifosfolipide* și participă la exercitarea funcțiilor mnezice)

$D_n = \{d_n\}$: dezasimilația noesică (componentele din noesistructură se transformă în componente obișnuite din biostructură)

μ_n: schimbul $a_n \leftarrow\rightarrow d_n$ în cadrul metabolismului noesic

$\mu_n = a_n \cup d_n$

unde: a_n proces singular de asimilare noesică
d_n proces singular de dezasimilare noesică

$M_n = \{\mu_n\} \rightarrow A_n \cup D_n$: metabolismul noesic (ex: metabolismul lipidic) ca totalitate de procese de A_n și D_n complexe care asigură perpetuarea gîndirii abstracte și a memoriei

R' bucla de reglare de nivel superior al materiei vii, prin care biostructismul din MB furnizează energia necesară schimbării componentelor obișnuite din biostructură în componente ale noesistructurii.

R'' bucla de autoreglare de nivel superior (fenomenele de la nivelul noesistructurii influențează biostructura, iar fenomenele de la nivelul biostructurii provoacă variații ale concentrației ionilor la nivelul materiei moleculare coexistente — de aici rezultă modificări ale potențialelor bioelectrice).

Ulterior am dezvoltat cercetarea și în comunicarea *Materia vie, sistem cibernetic ierarhizat*,* am prezentat această materie sub forma unui sistem ierarhizat pe 3 niveluri (fig. 51) [26].

După descrierile din Teoria biostructurii, în schemă se văd:

— Sistemul *materia vie (MV)*;

Subsistemele componente: *materia moleculară coexistentă* (MM_c), *materia biostructurată* (*MB*) și *materia noesică* (*MN*) și părțile lor componente (*soluția intracelulară* și *fracția solidă; masa spongioasă* și *spațiile infracapilare*, respectiv *materia noesistructurată* și *materia biosică coexistentă-scoarța cerebrală* și *emisfere cerebrale*).

— Intrările (*X*) și ieșirile (*Y*), în și din sistem, prin care se înfăptuiesc schimburile cu mediul și care constituie *diabasismul* sistemului;

— *Procesele* din subsisteme (π_1, π_2, π_3) și din sisteme (Π_1, Π_2, Π_3, Π_4) care prin reacții chimice în MM_c (*biochimism*), prin modificările componentelor la nivelul *MB* (*biostructism*)** modificările și mișcarea permanentă a componentelor la nivelul *MN* (*noesistructismul*), determină stările subsistemelor, iar prin *asimilație* și *dezasimilație*, respectiv asimilația noesică și dezasimilația noesică a căror unitate este *metabolismul*, respectiv metabolismul noesic determină raporturile între cele trei subsisteme. Metabolismele se desfășoară în cadrul *schimburilor metabolice* de substanțe, schimburi care din punct de vedere cibernetic sînt similare cu conexiunile subsistemelor;

— Buclele de reglare (*r'*) (*R'*) și autoreglare (*r''*) (*R''*), care asigură funcționalitatea și schimburile normale, neperturbate ale sistemului și subsistemelor sale.

Importanța, și din punct de vedere cibernetic, a acestor cercetări este atestată chiar de către unul din creatorii cu cea mai mare autoritate a Teoriei asupra originii vieții pe Pămînt, acad. sovietic A. I. Oparin, care într-o scrisoare adre-

* Susținută la Conferința Națională de Cibernetică, București 1—3 oct. 1981.

** Biostructura, în viziunea acad. Macovschi se prezintă ca o masă spongioasă cu spații infracapilare, toate îmbibate de soluție intracelulară, iar *biostructismul* (procesele ce au loc la nivelul biostructurii), este descris ca o complexitate de procese și fenomene ce depășesc pe cele chimice.

sată (în 1962) acad. Macovschi şi tipărită pe contracoperta cărţii acestuia intitulată *Priroda i structura jivoi materii*, Bucureşti, Ed. Academiei R.S.R., 1976, arăta:

„... lucrările academicianului Eugen Macovschi de la Academia Română de Ştiinţe prezintă un mare interes deoarece oferă o nouă abordare pentru înţelegerea fenomenelor biologice din punct de vedere al autoreglării proceselor ce se desfăşoară pe seama modificării structurilor la nivelul cărora se produc aceste procese. În legătură cu aceasta se deschide posibilitatea pentru abordarea cibernetică a fenomenelor biologice cu aplicarea teoriei legăturii inverse"[27].

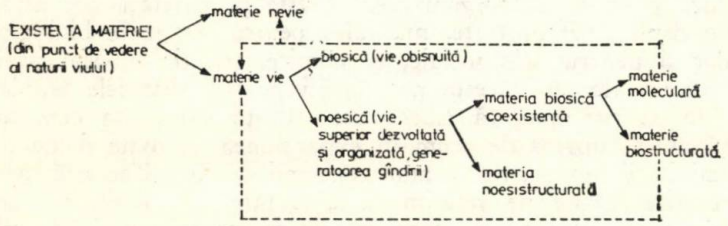


Fig. 52. — Schema arborescentă a materiei (din punct de vedere a naturii viului) şi a materiei vii

Evident că, în măsura în care teoria biostructurii aduce o contribuţie nouă, novatoare la înţelegerea vieţii, a structurii materiei în starea ei vie, permiţînd şi o interpretare cibernetică a ei, această teorie reprezintă un deosebit interes din punct de vedere al bioingineriei, concepută ca ştiinţă a conceperii şi perfecţionării vieţii, contribuind la progresul acestei ştiinţe.

În domeniul eforturilor ştiinţifice şi tehnice de a crea forme de viaţă pe cale artificială sau de a crea sisteme vii pe aceeaşi cale sau de a crea în laborator modele reale care să simuleze, pînă la contopire, comportamentul sistemelor vii, un rol de prim ordin îl au ştiinţa cibernetică şi tehnicile create de ea, aşa cum am văzut.

Într-un studiu intitulat *Învăţarea în procesul conducerii*, al prof. dr. Mircea Maliţa şi cercetătoarei Ana Maria Sandi, se insistă şi asupra faptului că „Cibernetica s-a ocupat cu precădere de formele de învăţare simple care presupun autostabilizare, dar nu şi reorganizare" şi că în domeniul mecanicii şi ciberneticii sistemelor simple, „autostabilitatea este scopul suprem, cu menţinerea structurii şi fără reorganizare".

Dar, după părerea noastră, cibernetica a apărut nu numai ca o știință a sistemelor cu autoreglare ci și ca o știință a sistemelor capabile de învățare, autoreproducere și autoorganizare — acestea fiind în primul rînd caracteristici proprii sistemelor vii, mai ales ale acelora superior organizate, sau a sistemelor sociale; dar și o proprietate, potențială poate, dar nu imposibil de realizat și de către sistemele tehnice, nevii. Nu mai vorbim despre unele sisteme tehnologice care, într-un fel sau altul, într-o formă sau alta, manifestă unele caracteristici specifice acestor proprietăți.

Cibernetica s-a născut însă ca o știință a sistemelor capabile să învețe (filogenetic și ontogenetic), să se autoreproducă și să se autoorganizeze.* Aceste proprietăți sînt astăzi pe deplin demonstrate, mai ales pentru sistemele biologice, dar și pentru cele sociale, economice, științifice. Mai puțin demonstrate sînt aceste proprietăți pentru sistemele tehnice. Este de presupus că cibernetica, știință care, așa cum am văzut, a cuprins de acum în expansiunea sa toate domeniile activității umane, ne va aduce, în anii ce vin, și această mare cucerire. Dacă ne referim la „învățare" în domeniul pur tehnic, al automaticii, atunci putem constata că perioada calculatorului care învață să joace șah este de acum depășită [16].

Încă în anul 1948 Norbert Wiener scria despre „mașinile care învață" sau „că mașina de jucat jocul de dame poate învinge pe omul care a programat-o și aceasta după un timp foarte limitat de funcționare" [21].

Dacă ne referim la mașinile „inteligente" atunci putem constata că, spre exemplu, în prezent se folosesc calculatoare cu o capacitate de prelucrare a datelor de ordinul zecilor de milioane de operații pe secundă; calculatorul Cray I, cel mai puternic (în 1979) în lume, efectua 50 milioane operațiuni pe secundă avînd o memorie de 1 milion de cuvinte de 64 bits. El avea nevoie doar de 40 min pentru a efectua cele 120 de miliarde de operațiuni necesare prevederii situației meteorologice pentru 24 ore și doar de 3 ore pentru a face cele 540 de miliarde de operații necesare prevederii stării timpului pe timp de 10 zile.

* În lucrarea sa *„Cibernetica sau știința comenzii și comunicării la ființe și mașini"*, N. Wiener, tratează aceste probleme în două capitole: cap. IX *Despre învățare și autoreproducere la mașini* și cap. X *Unde cerebrale și sisteme de autoorganizare* și de asemenea și pe restul parcursului lucrării.

Au fost realizate și sînt utilizate astăzi calculatoare care pot prelucra date după texte scrise cursiv, folosindu-se cuvintele obișnuite, pe care le „citește". De asemenea, experimentările ne-au dovedit că etapa în care omul poate dialoga cu calculatorul direct, pe baza unor întrebări și răspunsuri verbale, a fost atinsă.

În capitolul intitulat *Despre învățare și reproducere la mașini*, N. Wiener arată: „Cu toate acestea se cuvine să consacrăm un capitol din această carte acestor două subiecte înrudite. Pot oare mașinile construite de om să învețe și pot ele să se reproducă? Vom încerca să arătăm că de fapt ele pot învăța și pot să se reproducă și vom face o prezentare a tehnicii necesare pentru ambele activități" [21].

În încheierea capitolului respectiv, autorul, referindu-se la simularea unor agregate și a unor traductori, arăta: „În concluzie noi putem imita orice traductor neliniar necunoscut printr-o sumă de termeni liniari, fiecare de caracteristici fixe și cu un coeficient ajustabil. Acest coeficient poate fi determinat ca produsul mediu al mărimilor de ieșire ale traductorului necunoscut și ale unui traductor particular cunoscut, atunci cînd același generator de zgomot de alice este conectat la dispozitivul de intrare al ambilor. Mai mult, în loc să calculăm acest rezultat la scala unui instrument și apoi să-l transformăm cu mîna la traductorul corespunzător producînd astfel o simulare a fiecărei părticele a aparatului, putem foarte ușor efectua automat transferul coeficienților la piesele aparatului cu feedback. Am reușit să facem astfel o cutie albă care poate asuma, în mod potențial, caracteristicile oricărui traductor neliniar, și apoi să o transformăm în ceva asemănător unui traductor dat, ca o cutie neagră, supunînd ambii traductori aceleiași mărimi de intrare aleatoare și conectînd dispozitivele de ieșire ale structurilor într-o manieră potrivită, așa încît să ajungă la o combinație convenabilă fără vreo intervenție din partea noastră.

Mă întreb dacă din punct de vedere filosofic aceasta este cu totul diferit de ceea ce se petrece cînd o genă acționează ca un model pentru a forma alte molecule ale aceleiași gene dintr-un amestec nedeterminat de aminoacizi și acizi nucleici, sau cînd un virus dirijează în forma sa proprie alte molecule ale aceluiași virus din țesuturile și lichidul organismului unde se adăpostește. Nu pretind cîtuși de puțin că aceste procese sînt în amănunt aceleași, dar susțin că din punct de vedere filosofic sînt fenomene foarte similare" [21].

Citatul invocat atestă că autorul „Ciberneticii" a conceput aceasta și ca pe o știință a „autoreproducerii" sistemelor vii, dar și nevii (în cazul de față a unor sisteme tehnice, mecanice).

Pentru a demonstra faptul că „Cibernetica" a fost creată pentru a se ocupa și de formele de învățare care presupun și „reorganizare", menționăm că în capitolul X intitulat „Undele cerebrale și sistemele de autoorganizare", al lucrării *Cibernetica...*, N. Wiener scria: „Am văzut importanța feedback-urilor neliniare în producerea ambelor procese. Capitolul de față este consacrat studiului unui sistem specific de autoorganizare în care fenomenele neliniare joacă un mare rol" [21].

Într-un anumit sens, limitat, mașinile de care se ocupă cibernetica, capabile de autoorganizare, sînt calculatoarele analogice. Într-adevăr, un asemenea tip de calculator se compune dintr-un ansamblu de blocuri operaționale care au posibilități multiple de conectare între ele prin intermediul unui panou de programare. Deci, la calculatorul analogic nici nu se poate vorbi de o schemă unică constructivă, „deoarece programarea și funcționarea acestuia înseamnă chiar modificarea legăturilor subansamblelor sale în funcție de specificele și modificarea sarcinilor ce execută"[28].

Toate aceste exemple, cît și altele care s-ar mai putea da, ne conving că cibernetica va crea în viitor și mașini capabile de autoreproducere și autoreorganizare, indiferent dacă aceste stări nu se vor crea pe cale de biogeneză, ci imitîndu-se, simulîndu-se poate această cale.

Este evident că, în condițiile științifice, tehnice, economice și sociale actuale, posibilitatea de a se construi mașini, linii tehnologice, sau uzine întregi automate, programate astfel încît pe lîngă faptul de a produce, să se și autoreproducă, sau să se adapteze, sau să se reorganizeze pe parcurs astfel încît să corespundă permanent modificării cerințelor de a produce, este realistă. Astăzi ea a încetat să mai fie o utopie sau un deziderat de neîmplinit prezentîndu-se ca o rezultantă a cuceririlor științei, în primul rînd a ciberneticii.

4.2. APLICAȚII INFORMATICE BIOINGINEREȘTI

Prin aplicații informatice bioinginerești, înțelegem utilizarea unor echipamente și proceduri automate (calculatoare), programe și modele matematice în scopul prelucrării datelor

din domeniul biologiei, medicinei și producției bioindustriale care să asigure progresul științific al lor, al tehnicilor și practicilor din cadrul lor.

4.2.1. INFORMATICA ÎN BIOLOGIE

În domeniul biologiei aplicațiile informatice se referă în special la simularea, mai ales pe calea modelării, a unor fenomene, procese sau componente biologice.

Utilizarea matematicii și a electronicii în modelarea biologică a început să se extindă. Amintim că încă la începutul deceniului al 8-lea, pe un calculator electronic, doi englezi, un embriolog și un informatician (dr. D. Ende, respectiv J. Law) au „creat", nu în sens biologic, ci în model cibernetic, un embrion avînd o formă foarte apropiată de cea reală. În prezent asemenea aplicații informatice în domeniul biologiei sînt numeroase.

De asemenea, aplicațiile informatice bioinginerești care vizează sfera biologiei se referă la utilizarea microprocesorului electronic, precum și a calculatorului electronic și a programelor pentru calculator, în obținerea și prelucrarea unor date privind sistemele vii, ceea ce a făcut posibil ca studiile genetice și celulare să progreseze pînă la stadiul actual al ingineriei genetice.

În Australia, crescătorul Ian Dowie a apelat la serviciile unui ordinator pentru ca, în funcție de principalii parametri care determină valoarea economică a oilor — rata creșterii și cea a fertilității, proporția de lînă, diametrul fibrei — să obțină informații optime privind posibilitățile de încrucișare a diferitelor rase de ovine. Procedînd în consecință, el a încrucișat o oaie „Merinos Saxon" cu un berbec „Corriedale", realizînd o nouă varietate, denumită „Cormo", la care lîna deasă și fină a primei rase se îmbină cu carnea abundentă a celei de-a doua.

4.2.2. INFORMATICA ÎN MEDICINĂ

Cercetări interdisciplinare biomedicale, matematice, fizice, au făcut posibile proiectarea și construirea calculatoarelor. Calculatoarele și matematica, astăzi puse obișnuit în slujba medicinei, contribuie la progresul accelerat al științei și practicilor medicale. În principal medicina beneficiază de

aportul calculatoarelor în trei mari domenii: în organizarea sanitară, în diagnostică şi în terapeutică.

a) Pentru primul domeniu, cel al organizării, putem exemplifica cu sistemul utilizat la Saarbrücken, şi în alte oraşe din R. F. Germania, prin care organele sanitare ţin evidenţa copiilor de vîrstă preşcolară şi a programării lor la vaccinările specifice, utilizînd calculatorul; sau cu sistemul introdus de poşta britanică, care utilizînd calculatoare şi microprocesoare portative, pe baza unui apel telefonic, poate mobiliza medicii serviciilor de urgenţă aflaţi în orice punct al localităţilor.

În U.R.S.S., la Vladivostok, s-a organizat un centru de calcul căruia medicii de pe navele aflate în larg îi transmit date privind simptomele bolilor ce apar la marinari sau privind evoluţia acestor boli, primind în schimb, de la calculator, atît precizarea diagnosticului, cît şi indicaţii terapeutice.

Pentru perfecţionarea medicinei, ştiinţa cibernetică şi-a pus la dispoziţie mijloacele ei tehnice, calculatoarele electronice.

Studenţii în medicină, biologie, ca şi în alte ştiinţe, de altfel, au de acum posibilitatea, în unele ţări ale lumii, să stabilească legături logice cu calculatorul. În cadrul acestor legături şi în domenii precis determinate, studentul, interogînd memoria maşinii şi cerîndu-i toate precizările de care are nevoie, obţine de la aceasta răspunsuri la întrebări relativ complicate [19].

Începînd din anul 1976, în Franţa funcţionează o bancă electronică de informaţii farmaceutice care poate furniza medicilor, la solicitare telefonică, caracteristicile a 7 200 de medicamente din farmacopeea franceză şi ale celor 2 000 de substanţe componente, facilitînd astfel prescrierea celor mai potrivite medicamentaţii.

La Miami, în S.U.A., de la un sistem electronic cu benzi înregistrate se pot obţine telefonic informaţii şi sfaturi de combatere a 300 de boli, ceea ce este de natură să ajute atît pe bolnavi, cît şi pe medici, să sporească eficienţa apărării sănătăţii.

În R. F. Germania la Universitatea din Frankfurt pe Main, avîndu-se în vedere faptul că celor aproximativ 30 000 de boli cunoscute pînă în prezent li se mai adaugă anual alte circa 500, a fost creată o bancă de date privind maladiile rare, neobişnuite sau noi, în scopul de a ajuta medicii ca utilizînd tehnică modernă să le depisteze rapid

prin diagnosticare. Au fost fişate pînă în anul 1974, 200 de sindroame şi 75 000 de asociaţii de sindroame, urmînd să se fişeze datele privind încă 4 000 de boli.

b) În domeniul diagnosticului medical calculatoarele au astăzi, de asemenea, o largă utilitate.

Avîndu-se în vedere cantitatea mare de date şi informaţii de care trebuie să dispună un medic şi pe care trebuie să le asocieze pentru a pune un diagnostic, se consideră că este mai bine ca toate aceste date — respectiv cea mai bună, cea mai valoroasă experienţă — să fie înmagazinate în memoria calculatorului care analizîndu-le după caz, comparîndu-le cu datele privind starea bolnavului, să precizeze maladia, fără însă a „gîndi" în locul medicului, ci numai ajutînd considerabil gîndirea acestuia. Încă în 1968 prof. dr. Stefanini Paride de la Universitatea din Roma arăta că, cu ajutorul calculatorului se va interveni în trei faze ale diagnosticării: cunoaşterea stării pacientului, sintetizarea datelor şi furnizarea indicaţiilor terapeutice.

Astăzi această previziune a devenit realitate. În clinici şi unităţi medico-sanitare se utilizează calculatoarele cu mult succes şi cu un grad de precizie sporit în toate cele trei faze ale diagnosticării şi în multe specialităţi medicale, cum ar fi cardiologia, oncologia, ortopedia etc.; în unele ţări funcţionează, de asemenea, şi bănci de date în scopuri auxiliare diagnosticării.

Specialiştii clinicii neurologice din Tg. Mureş au pus la punct un laborator complex de cercetare neurofiziologică. În colaborare cu Centrul teritorial de calcul, medicii au realizat, în premieră, o aşa-numită „hartă electroencefalografică". Este vorba de o „hartă" computerizată a emisferelor cerebrale. Cu ajutorul acesteia s-au făcut pînă la începutul anului 1981 peste 100 de investigaţii, care au dus la stabilirea, în fiecare caz în parte, a unui diagnostic de mare precizie şi formulări terapeutice de finețe. Important de reţinut este şi faptul că respectiva hartă electroencefalografică permite interpretări originale în descifrarea activităţii electrice a creierului.

În clinicile universitare din multe ţări din Europa şi America sînt utilizate în examenul cardiac, cu excelente rezultate, minicomputere care captează semnalele cele mai fine şi prelucrîndu-le detectează insuficienţe funcţionale pe care chiar şi electrocardiogramele le depistează cu multă greutate. În Japonia aparatul computerizat „Cybest" permite diagnosti-

carea rapidă a cancerului uterin prin examinarea simultană a 50 de probe de țesut biologic.

Experții din Institutul pentru automatică al Politehnicii din Szczecin, R. P. Polonă, au construit un calculator care, instalat la patul pacienților ce au insomnii și coșmaruri, determină toți factorii care tulbură somnul acestora. La clinica de psihoterapie a Universității din Pisa, Italia, pe un calculator I.B.M. 370, se prelucrează un mare volum de date privind afecțiunile psihicului și se asigură examinarea multidimensională a maladiilor psihicului, stabilirea unor diagnosticuri exacte (ceea ce în psihiatrie este dificil de făcut cu mijloace clasice) și a unui tratament adecvat.

Calculatorul permite acum investigarea celui mai complex și mai „fragil" organ, creierul. În Franța a fost pus la punct un sistem care revoluționează radiologia. Un aparat cu fascicule de raze, conectat cu un calculator printr-un convertizor, investighează zona craniană, comparînd creierul bolnav investigat cu parametrii unui creier sănătos, proiectînd rezultatele pe un ecran și determinînd un diagnostic exact.

Un grup de cardiologi de la spitalul „St. Luke" din Cleveland S.U.A. evaluează cu ajutorul calculatorului șansele de a supraviețui ale pacienților ce au suferit atacuri de cord [29].

Chirurgi vest-germani de la Universitatea din Düsseldorf au elaborat (în 1978) o metodă de examinare a inimii cu ajutorul unor preparate radioactive, utilizată în special în scopul diagnosticării infarctului miocardic. La un minut după injectarea substanței, cu ajutorul unei camere de filmat cu radiații gamma, conectate la un ordinator, poate fi stabilit un diagnostic extrem de precis: dacă irigația sangvină a cordului este insuficientă, radiațiile substanței radioactive sînt și ele slabe. Procedeul, pe lîngă exactitatea diagnosticului, mai prezintă și avantajele de a fi rapid, nedureros și necostisitor.

c) În terapeutică, în accepțiunea cea mai modernă, calculatoarele au deschis, de asemenea, mari perspective, utilizarea lor în diferitele tratamente mărind considerabil eficiența terapeutică.

În toamna anului 1973, pentru prima oară în practica medicală, un calculator a fost utilizat pentru determinarea dozei de medicamente anticoagulante. Tratamentul a fost aplicat la spitalul de la Long Beach fostului președinte al

S.U.A., Richard Nixon, suferind de flebită cronică. Tehnologia biomedicală respectivă a constat în stabilirea datelor privind compoziția chimică a sîngelui, viteza de absorbție și timpul de retenție și efect al medicamentelor, pe baza cărora apoi calculatorul a elaborat programul terapeutic precis adaptat cazului.

O altă tehnologie biomedicală, valabilă în ortopedie, a fost pusă la punct de prof. dr. J. Colster, de la Universitatea din Münster R. F. Germania în colaborarea cu matematicieni, fizicieni și ingineri. Pe baza unui program elaborat și a radiografiilor, calculatorul simulează operațiile ortopedice furnizînd indicații utile operației propriu-zise. Eliminînd gradual ipotezele riscante, în funcție de toate datele cazului, calculatorul elaborează și indică soluția optimală. Tehnologia asigură depistarea precisă a pozițiilor defectuoase în sistemul osos și asigură astfel reușita deplină a operațiilor succesive care, firesc, trebuie să modifice corespunzător aparatul motor și muscular, precum și presiunea la nivelul articulațiilor — decisivă în asemenea operații.

Fie că este vorba de utilizarea calculatoarelor într-o rețea informațională sau utilizarea elementelor logice de calcul electronic în construcția unor aparate de explorare sau diagnostic, se vădește tendința de a simplifica, dar în același timp, așa cum am văzut, de a se mări eficiența și operativitatea diagnosticului și actului terapeutic.

Dintre realizările românești în domeniu, ne vom opri la două metode care pot beneficia în mod deosebit de prelucrarea datelor cu ajutorul calculatorului. Este vorba de metoda termografiei utilizată de dr. Mogoș și metoda explorărilor electrice de suprafață, experimentată de dr. I. Fl. Dumitrescu. Stabilirea unor relații logice între parametrii electrici de suprafață, temperatură și celelalte explorări (pletismografie, teste de vasomotricitate și inervație vegetativă) va putea conduce în viitor la obținerea unor date mai complete, care interpretate cu ajutorul metodelor moderne de calcul vor îmbunătăți substanțial obținerea diagnosticului [14].

În practica medicală însă se aplică de mai mulți ani, în diverse țări, printre care și țara noastră, o descoperire importantă ce aduce mari îmbunătățiri pentru masa pacienților — folosirea mașinilor automate în scopul „supravegherii electronice" intraoperatorii și postoperatorii a valorilor vitale. În fazele respective, cu ajutorul aparaturii electronice și al unui ecran de televiziune sînt înregistrate și controlate per-

manent numeroase funcţii ale organismului ca: presiunea sanguină, pulsul, temperatura, respiraţia etc., ceea ce permite medicului să pătrundă profund în cunoaşterea celor mai subtile reacţii ale organismului şi, pe această bază, să intervină imediat, ceea ce măreşte considerabil reuşita operaţiei şi şansele pacientului de a supravieţui.

Aşa cum am văzut, în domeniul terapeuticii, calculatorul determină progrese spectaculoase. În S.U.A. s-au construit brăţări în care sînt introduse instalaţii electronice sau calculatoare miniaturale şi care au menirea să ţină sub control permanent sistemul circulator al cardiacilor, să-i alarmeze şi să faciliteze aplicarea la timp a medicaţiei şi tratamentului.

La facultatea de medicină din Halle, R.D.G., a fost construit un aparat care poate prelua, pe o perioadă de 6—8 ore, pînă la terminarea intervenţiei chirurgicale, funcţiile plămînilor, ficatului şi rinichilor, iar la un seminar de neuropsihiatrie, la Universitatea din Roma, în anul 1975, profesorul Guberina a propus generalizarea folosirii unui aparat electronic, „Suvafi", care filtrează sunetele adaptîndu-le urechii fiecărei persoane atinse de surditate şi îi permite să audă.

Despre utilizarea calculatoarelor în domeniul medical s-au mai făcut o serie de referiri în capitolele 3.2.1., 3.2.3., 3.3.1. etc. şi s-ar mai putea da şi alte exemple.

4.2.3. INFORMATICA ÎN BIOINGINERIA INDUSTRIALĂ

Posibilitatea naşterii şi dezvoltării bioingineriei industriale ca ştiinţă, complex de tehnici şi tehnologii, a apărut tocmai ca urmare a perfecţionării tehnicilor electronice de măsurare şi control automat riguroase.

Informatica, utilizarea calculatoarelor electronice, a modelelor de simulare ale proceselor tehnologice, ale reacţiilor fizico-chimice şi programele de lucru cu calculator sînt larg şi intens folosite atît în activitatea de elaborarea tehnologiilor bioindustriale, în proiectarea uzinelor de acest fel, cît şi în comanda, dirijarea şi controlul proceselor bioindustriale.

În ţara noastră, spre exemplu, la combinatul bioindustrial de la Curtea de Argeş, care produce proteine pe bază de microorganisme, procesele sînt conduse şi controlate cu ajutorul sistemelor înalt automatizate.

În obținerea produselor biofarmaceutice, antibioticele, vitaminele, aminoacizii, enzimele și în general produsele pentru realizarea cărora unele dintre elementele de bază ale tehnologiilor sînt microorganismele vii, obținute pe cale industrială, informatica cunoaște largi aplicații, multe dintre procesele ce se desfășoară în instalațiile tehnologice fiind comandate și controlate direct sau indirect pe baza unor programe riguroase de conducere cu calculatoare electronice. Funcționarea instalațiilor bioindustriale nu poate fi concepută sau realizată fără utilizarea unor tehnici de înaltă automatizare, de înaltă precizie și siguranță.

4.3. DESPRE O NOUĂ PROFESIE: BIOINGINERIA

Aria mare de cuprindere a bioingineriei ca știință, ca și gradul ridicat de complexitate al tehnicilor bioinginerești ne îndeamnă să reflectăm la o profesie nouă, aceea de bioinginer. De altfel, exemplele date pe tot parcursul acestei lucrări demonstrează realismul necesității acestei noi specialități, bioingineria.

Dar pe cît de complexă este bioingineria ca știință tot atît de complexă este și ca profesie.

Dacă înțelegem însă bioingineria ca fiind numai știința și tehnica fabricării unor forme simple, elementare, de organisme vii, în scopuri economico-productive, atunci profesiunea de bioinginer se mărginește și ea numai la domeniul ingineresc al fabricării pe cale industrială a unor microorganisme necesare mai departe producției sociale.

Dacă înțelegem bioingineria ca limitîndu-se la unul dintre domeniile geneticii sau a studiilor celulare atunci profesia de bioinginer se confundă cu aceea de inginerie genetică. În mod similar, dacă înțelegem prin bioinginerie numai domeniul unor aparate ajutătoare bio-medicale atunci profesia de bioinginer se va limita la ingineria numai a acestui domeniu.

Fiecare din acest caz, admis separat, reduce, limitează, sfera de activitate a bioinginerului în raport cu ceea ce înțelegem noi prin bioinginerie.

În caz că înțelegem bioingineria într-un sens mai larg, ca pe o știință hibridă, rezultată din interferarea disciplinelor biologico-medicale și a celor tehnico-inginerești (iar ea așa ar trebui înțeleasă, cuprinzînd chiar și biotehnologia și ingi-

neria genetică şi robotica etc.), este de presupus că biologii, medicii şi inginerii nu numai că vor trebui să coopereze strîns, dar, fiecare să penetreze, cu cunoaşterea sa, şi domeniul profesional-ştiinţific al colegilor săi de celelalte specialităţi. Mai mult, credem că putem reflecta la utilitatea acestei noi profesii de bioinginer, care să dea poate celui ce o exercită capacitatea investigării, a practicilor medico-biologice, iar în paralel şi pe aceea de a construi cît şi de a opera aparatura modernă, indispensabilă biomedicinei.

Atestînd importanţa ciberneticii în progresul biomedicinei, acad. Şt. Milcu aduce mărturie şi în sprijinul ideei avansate legate de o nouă profesie, aceea de bioinginer, spunînd: „Uimitoare este schema ciberneticii de funcţionare a sistemelor de reglare nervoasă şi neuro-hormonală. Reglarea automată prin autocontrol a funcţiilor organismului a deschis un vast domeniu de investigare şi noi modalităţi de înţelegere a homeostaziei, a integrării în mediu de viaţă şi a mecanismelor de adaptare. Patologia sistemelor de reglare se va impune în viitor, în comparaţie cu patologia de organ. Studiul acestor sisteme va fi adîncit prin matematizare şi prin crearea de modele funcţionale. Am fost deosebit de impresionat cînd am văzut un model electronic al reglării tiroidei de către hipofiză, permiţînd înscrierea proceselor respective sub forma unor relaţii matematice. Cunoştinţele de matematică, de fizică, îndeosebi de electronică, vor fi necesare în viitor biologului şi medicului angajat în acest tip de cercetări".*

Colaborarea medicilor, biologilor şi psihologilor cu automatiştii şi ciberneticienii este deosebit de importantă în studiul reactivităţii nervoase şi al comportării diferitelor sisteme organice în timpul urmăririi continue a subiecţilor umani în condiţii de risc profesional (şoferi, piloţi, cosmonauţi, muncitori industriali din domenii cu condiţii speciale), în care prin analiza funcţiunilor şi evidenţierea unor tulburări funcţionale se impune o decizie promptă. Monitorizarea clinică necesită de asemenea soluţii operative care nu pot fi obţinute decît cu ajutorul calculatorului.

Una din cele mai dificile probleme ale medicinii este separarea stărilor normale de stările de boală, cunoscîndu-se că limitele lor sînt întotdeauna imprecise şi dar de separarea lor depinde, în ultimă instanţă, eficienţa terapeuticii! Reali-

* *S-a întredeschis poarta tainelor celulelor vii*, 1968.

zarea unor modele cibernetice pentru caracterizarea funcțiunilor normale ale organismului permite, prin măsurarea rapidă a stării funcționale a acestuia la un moment dat, să se determine, prin comparare, abaterile de la normal.

Pe acest principiu se bazează multe din aparatele moderne de explorare funcțională automată, ceea ce face necesară intervenția bioinginerului sau a medicului cibernetician.

În U.R.S.S. (în 1974) a început să activeze prima promoție de medici-cibernetici. Prof. Suren Gasparian, șeful catedrei de cibernetică medicală, creată în Institutul medical nr. 2 din Moscova, declara (în 1974) că erau necesare 200 asemenea cadre. Medicii-cibernetici își însușesc atît științele medicale, cît și tehnica de calcul și a operării cu ajutorul calculatorului. Ei vor întocmi programe pentru calculator cu ajutorul cărora vor stabili diagnostice, vor elabora modele matematice ale organelor și funcțiilor organismului uman și vor asigura legătura strînsă dintre practicile și tehnicile medicale și cele cibernetice și informatice.

Dar bioingineri ar trebui să se numească nu numai persoanele specializate în domeniul biomedicinii complementat cu cel al informaticii pe profilul respectiv, ci și specialiștii în domeniile biotehnologiilor, ingineriei genetice, al roboticii etc.

Oricum, considerăm exemplele date ca și mărturiile aduse ca fiind suficiente pentru a demonstra utilitatea și perspectivele științifice și practice (tehnice, tehnologice, productive, sociale) pe care o nouă profesie, foarte complexă, aceea de bioinginer, oricum ar fi ea înțeleasă acum, o are în viitorul apropiat.

4.4. IMPLICAȚIILE SOCIALE ALE BIOINGINERIEI

Ca o concluzie generală a lucrării de față este aceea că bioingineria are puternice și largi implicații asupra tuturor domeniilor principale de activitate socială, cît și asupra naturii însăși.

În știință, așa cum am văzut, bioingineria este implicată în dublu sens, adică ea s-a născut ca o consecință a progresului științific pe care la rîndul ei îl stimulează. Într-adevăr bioingineria a contribuit la progresul biologiei, a revoluționat știința și tehnicile medicale de profilaxie, diagnostică și terapeutică, contribuind astfel substanțial la îmbu-

nătățirea stării de sănătate a oamenilor și la creșterea longevității. Ea a revoluționat genetica transformînd-o dintr-o știință a mecanismelor transmiterii caracterelor ereditare și a studierii structurii genelor, într-o știință a manipulării și modificării acestora, în scopul de a provoca, în laborator, artificial, mutații dirijate ale caracteristicilor transmisibile, cu perspective largi în corectarea și perfecționarea formelor de viață și a „elaborării" unor noi specimene vii.

Bioingineria a creat noi tehnologii, de înaltă eficiență productivă și economică, și datorită ei există astăzi o clasă tehnologică industrială nouă și foarte complexă, clasa biotehnologiilor industriale.

În agricultură și zootehnie bioingineria a adus și continuă să aducă o serie de perfecționări spectaculoase, prin obținerea unor soiuri și hibrizi noi, cu performanțe vitale, productive și economice superioare celor existente. Prin toate acestea, cît și prin apariția biotehnologiilor industriale, bioingineria contribuie substanțial la îmbogățirea și îmbunătățirea sistemelor alimentare ale omului și animalelor.

Procedeele de a obține energie în masă, pentru uzul social-productiv, pe căi care implică ca sursă natura vie (biogazul, energia obținută pe orice căi din biomasă, combustibili obținuți pe aceleași căi etc.), pot fi considerate, fără riscul de a greși, ca aparținînd tot domeniului bioinginerese.

Bioingineria, inspirată din bionică, pe care a și „asimilat-o" ca pe o ramură a sa, a creat categorii întregi de aparate puse în slujba vieții și sănătății omului cum sînt aparatele înlocuitoare de organ, aparat de uz biologic și medical, precum și realizările denumite „inteligență artificială" și roboți (purtînd o serie dintre caracteristicile ființei umane), puse în slujba prosperității omului și a societății.

O serie de metode pe care le considerăm ca aparținînd de bioinginerie cum sînt sistemele biologice de epurare a apelor uzate, sistemele de combatere biologică a dăunătorilor și prădătorilor (care elimină unele proceduri chimice, poluante, de combatere a acestora), sistemele biologice de protecție a exploatărilor subterane, biofarmacologia și alte sisteme bioinginerești de protecție a omului, sistemele biologice de combatere a radioactivității sau cele de protecție generală a vieții și altele sînt puse astăzi în mod curent, în slujba naturii, a protecției ei, a creării unei relații armonioase om-societate-natură.

Constatăm deci, din tot ceea ce s-a scris în lucrarea de față, că bioingineria este o știință generoasă, interdisciplinară și multidisciplinară, ea este un mare complex de metode, tehnici și proceduri, generate de progresul științific și tehnic și de nevoile dezvoltării social-economice, a protecției omului și naturii, și că ea slujește cu dărnicie și înaltă eficacitate natura, societatea, omul.

BIBLIOGRAFIE

Karl Marx, *Teze despre Feuerbach* [1].

* * * *Programul Partidului Comunist Român de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintare a României spre comunism*, Editura politică, București 1975 [2].

* * * *Programul directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000*, Editura politică, București, 1979 [3].

Ceaușescu, N., *Cuvîntare la cel de al II-lea Congres al consiliilor de conducere ale unităților agricole socialiste, al întregii țărănimi, ale consiliilor oamenilor muncii din industria alimentară, silvicultură și gospodărirea apelor, 19. II. 1981*, Editura politică, București, 1981 [4].

Alexandrescu-Roman, P., *Însemnări de sociologie pe marginea simpozionului Cibernetica și mediul*, Deva, 1975 [13].

Drăgănescu, M., *Structuri și inteligență artificială*, în *Corelația dintre infrastructură, structură și suprastructura societății socialiste din România în condițiile revoluției științifice și tehnice*, Editura politică, București, 1978 [20].

Florescu, M., *Tendințe în dezvoltarea industriei chimice*, Editura tehnică, București, 1977 [5].

Florescu, M., *Despre o nouă știință, ingineria*, conferință susținută în fața cadrelor didactice, cursanților și studenților de la Academia „Ștefan Gheorghiu", 1978 [7].

Florescu, M., *Asigurarea de perspectivă cu materii prime a industriei chimice*, Conferință la cel de al II-lea Congres Național de chimie, București, 7—10.IX.1931 [33].

Ionescu, Al., *Algele — proteinele viitorului*, Editura științifică și enciclopedică, București, 1981 [12].

Ionescu, Al., Niculescu-Mizil, E., *Cibernetica între inteligența umană și inteligența artificială*, în *Știința și condiția umană*, Bacău, 1978 [31].

Lange, D., *Se experimentează inima artificială*, în *Prisma*, nr. 4—5, București, 1973 [15].

Macovschi, E., *Priroda i structura jivoi materii*, Editura Academiei R. S. R., Bucureşti, 1976 [27].
Macovschi, E., *Teoria biostructurală şi critica molecularismului contemporan*, în *Probleme actuale de biologie*, vol. III, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1978 [24].
Macovschi, E., *Unele aspecte cibernetice în problema structurii materii vii*, în *Studii şi cercetări biochimie, nr. 1*, Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1964 [23].
Macovschi, E., Steapae, I. Ceauşescu, S., *Issledovanie straienta coaţervatow pution ţitologhescogo metoda*, în *Bul. nauc. inform. v estestv. nauc*, Rumâno-sovietschi naucinîi institut, 1963, 1. p. 121 [8].
Matauschek, J., *Les tendances de la Médicine et de la technique medicale sous l'aspect de la Cybernétique*, în *Medizin technik, R.D.G.*, B 1 — 1971 [18].
Maynard, H. B., *Manual de inginerie industrială, vol. III*, Editura tehnică, Bucureşti, 1977 [6].
Milcu, St., *Tehnologia medicală (bioingineria) domeniu de cooperare multidisciplinară*, comunicare la simpozionul *Medicina şi tehnica*, Bucureşti, 19—21. XII. 1974, publicată în *Automatică, management, calculatoare*, vol. 21, A+B, Editura tehnică, Bucureşti, 1975 [17].
Niculescu-Mizil, E., *Cibernetica şi aplicaţiile ei în tehnica şi economia industriei*, Editura Academiei R. S. R., Bucureşti, 1973 [28].
Niculescu-Mizil, E., *Cibernetica şi natura, în Automatizare, management, calculatoare*, vol. 29, Editura tehnică, Bucureşti, 1979 [22].
Niculescu-Mizil, E., *Cibernetica la trei decenii de existenţă ca ştiinţă*, în *Automatică, management, calculatoare*, vol. 28, Editura tehnică, Bucureşti, 1979 [16].
Niculescu-Mizil, E., *Cibernetica şi teoria sistemelor în progresul bioingineriei*, comunicare la simpozionul *Medicina şi tehnica*, Bucureşti, 19—21. XII. 1974, publicată în *Automatică, management, calculatoare*, vol. 21, A+B, Editura tehnică, Bucureşti, 1975 [14].
Niculescu-Mizil, E., *Cibernetizarea şi computerizarea în viaţa cotidiană, în Habitat '76*, Bacău 1976 [29].
Niculescu-Mizil, E., *Cibernetica, natura şi condiţia umană, Era omului*, Bacău, 1979 [32].
Niculescu-Mizil, E., *Cibernetică şi celelalte ştiinţe*, în *Cibernetica şi mediul*, Ed. Casa corpului didactic, Deva, 1975 [19].
Niculescu-Mizil, E., *Sur une nouvelle discipline: l'hydrocybernetique*, în *Revue de la Commissioin Nationale Roumaine pour L'UNESCO*, nr. 1—2, Bucureşti, 1978 [30].
Niculescu-Mizil, E., *Cybernetic interpretation of the biostructural theory*, în *Revue roumaine de biochimie*, nr. 1/1981, Editura Academiei R. S. R., Bucureşti [25].
Niculescu-Mizil, E., *The living matter, a hierarchical cybernetic system*, in *Revue roumaine de biochimie*, nr. 2/1982, Editura Academiei R. S. R., Bucureşti [26].
Peterfi, St., Ionescu, Al., *Tratat de algologie*, volumele I—IV, Editura Academiei R. S. R., Bucureşti, 1977—1981 [11].

Walsdorff, J. H., *Materii prime din microorganisme*, în *Prisma*, nr. 3/1978, București [10].
Wiener, N., *Cibernetica sau știința comenzii și comunicării la ființe și mașini*, Editura științifică, București, 1966 [21].
Winnacker, K., *Perspective de dezvoltare ale ingineriei chimice*, conferință la cel de al II-lea Congres Național de chimie, București, 7—10. IX. 1981 [9].
Zarnea, G., *Microbiologia, impactul asupra științei și aplicațiile tehnologice*, în vol. *Știință și contemporaneitate*, Colecția *Idei contemporane*, Ed. Politică, București, 1980 [34].
Zarnea, G., Mencinicopschi, Gh., Brăgărea, St., *Bioingineria preparatelor enzimatice microbiene*. Ed. Tehnică, București, 1980 [35].

CUPRINS

Prefață 5

I — Despre o nouă știință, bioingineria 9

1.1. O nouă etapă a revoluției științifice și tehnice, etapa științifizării intensive 9
1.2. Implicații în practică și în știință 13
1.3. Bioingineria și celelalte științe. Definiții . . . 16

II — Bioingineria, știința creării și modificării formelor de viață 22

2.1. Disciplină a conceperii noilor forme de viață, a creării artificiale a elementelor vieții 22
2.1.1. *Viața sau „creșterea" realizate de om prin „tehnici naturale"* 23
2.1.2. *Forme „prebiotice" ale materiei, create artificial* 31
2.2. Bioingineria și genetica 36
2.3. Bioingineria și studiile celulare 56
2.4. Bioingineria industrială. Biotehnologiile . . . 62
2.5. Bioingineria agro-zootehnică 89

III — Bioingineria și interferențele ei cu bionica . . . 100

3.1. Bionica precursoare și ramură a bioingineriei . . 100
3.2. Bioingineria ca disciplină a bioaparatelor și a biomaterialelor 103
3.2.1. *Aparatura înlocuitoare de organ* 103
3.2.2. *Tehnica biomaterialelor* 115
3.2.3. *Aparatura ajutătoare în medicină* 122
3.3. Unele considerații privind legătura dintre bioinginerie, medicină și farmacologie 150
3.3.1. *Tehnologia medicală, domeniu de cooperare multidisciplinară* 150
3.3.2. *Biofarmacologia, ramură a bioingineriei* . . 159
3.3.3. *Despre aportul științelor și tehnicilor la dezvoltarea aparaturii și tehnologiei medicale* . . 167

3.3.4. *Interpretări cibernetice ale utilizării aparaturii medicale* 172
3.4. Bioingineria și robotica 174
3.4.1. *Inteligența artificială și robotica* 174
3.4.2. *Robotica industrială* 179
3.4.3. *Robotica în diverse domenii* 193

IV — **Bioingineria, cibernetica și informatica** . . . .

4.1. Bioingineria și cibernetica 205
4.2. Aplicații informatice bioinginerești 222
4.2.1. *Informatica și biologia* 223
4.2.2. *Informatica în medicină* 223
4.2.3. *Informatica în bioingineria industrială* . . 228
4.3. Despre o nouă profesie: bioingineria 229
4.4. Implicațiile sociale ale bioingineriei 231
Bibliografie 235

Redactor: ing. FLORICA PLOPEANU
Tehnoredactor: MARILENA DAMASCHINOPOL

Coli de tipar 15
Bun de tipar 30.10.1982
Comanda nr. 109

Republica Socialistă România

EB

Eugeniu Niculescu-Mizil

IMPLICAȚII TEHNICE, TEHNOLOGICE ȘI SOCIALE ALE BIOINGINERIEI

Eugeniu Niculescu-Mizil s-a născut la 20 ianuarie 1928 în București. A făcut studii universitare social-politice și economice. A efectuat studii postuniversitare în domeniul organizării și conducerii economiei. Doctor în economie (1972) la Academia „Ștefan Gheorghiu", cu prof dr. Vasile Rausser (teza în domeniul cibernetici teoretice, tehnice și economice). A desfășurat activități profesionale în cadrul militar și cel al industriei chimice. Profesor universitar din anul 1973. Este director al Centrului de calcul al industriei chimice și vicepreședinte al Comisiei de cibernetică a Academiei R.S.R. Președinte al Comisiei de sisteme generale din cadrul Asociației Oamenilor de Știință din R.S.R., din anul 1980.

Lei 13